

REGIONE SARDEGNA  
PROVINCE DI ORISTANO E NUORO  
Suni(OR) - Sindia (NU) - Macomer (NU)

LOCALITA' "S'ena e Cheos ", "Tiruddone", "Ferralzos"

# PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - 7 AEROGENERATORI

Sezione 10:  
**CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE E IMPIANTI**

Titolo elaborato:  
**Relazione di calcolo preliminare delle strutture**

N. Elaborato: 10.1

Scala: -

Proponente

## ORTA ENERGY 9 Srl

Largo Guido Donegani, 2  
CAP 20121 Milano (MI)  
P.Iva 11898400962

Amministratore  
**Francesco DOLZANI**

Progettazione



**sede legale e operativa**  
San Martino Sannita (BN) Loc. Chianarile snc Area Industriale  
**sede operativa**  
Lucera (FG) via A. La Cava 114  
P.IVA 01465940623  
**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista  
**Dott. Ing. Nicola Forte**



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE	
00	LUGLIO 2023	MMG sigla	PR sigla	NF sigla	Emissione progetto definitivo	
Nome File sorgente		ES.SUN01.PD.10.1.R00.doc	Nome file stampa		ES.SUN01.PD.10.1.R00.pdf	Formato di stampa A4

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	1 di 75

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE OPERE</b>	<b>6</b>
3.1	PLINTO DI FONDAZIONE	6
3.2	SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 kV	7
3.2.1	FONDAZIONE TRASFORMATORE MT/AT	8
3.2.2	FONDAZIONE E SOSTEGNO SCARICATORE DI SOVRATENSIONE	8
3.2.3	FONDAZIONE E SOSTEGNO TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO (TV)	9
3.2.4	FONDAZIONE E SOSTEGNO TRASFORMATORE DI CORRENTE (TA)	9
3.2.5	FONDAZIONE E SOSTEGNO M.A.T. NEUTRO	10
3.2.6	FONDAZIONE E SOSTEGNO SEZIONATORE TRIPOLARE	10
3.2.7	FONDAZIONE INTERRUTTORE	11
3.2.8	FONDAZIONE ARRIVO CAVI MT	11
3.2.9	FONDAZIONE E SOSTEGNO ARRIVO CAVI AT	12
3.2.10	FONDAZIONE E SOSTEGNO PORTALE SBARRE AT	12
3.2.11	EDIFICIO UTENTE	13
<b>4</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>AZIONI SULLE STRUTTURE</b>	<b>16</b>
6.1	CARICHI TORRE	16
6.2	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	17
6.3	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	17
6.4	CARICHI ACCIDENTALI	17
6.5	AZIONE DEL VENTO	17
6.6	AZIONE DELLA NEVE	18
6.7	AZIONE SISMICA	20
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI</b>	<b>21</b>

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.1.R00 26/07/2023 03/08/2023 01 2 di 75
---	---	---	---

<b>8</b>	<b>MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>30</b>
10.1	VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI IN ACCIAIO.	30
10.2	VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI IN C.A.	45
<b>11</b>	<b>CALCOLO DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI</b>	<b>68</b>
11.1	CARICO LIMITE FONDAZIONI SUPERFICIALI	68
<b>12</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<b>69</b>
<b>13</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI</b>	<b>75</b>

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	3 di 75

## 1 PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, integrato con un sistema di accumulo con batterie agli ioni da 20 MW, per una potenza complessiva in immissione di 62 MW da installare nel comune di Suni (OR) e Sindia (NU) alle località "S'ena e Cheos", "Tiruddone" e "Ferralzos", con opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale ricadenti nel comune Macomer (NU) alla località "Mura de Putzu". Proponente dell'iniziativa è la società Orta Energy 9 srl.

Il sito di installazione degli aerogeneratori è ubicato tra i centri abitati di Suni e Sindia, dai quali gli aerogeneratori più prossimi distano rispettivamente 4,5 km e 2,5 km.

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante un cavidotto in media tensione interrato denominato "cavidotto interno" che sarà posato quasi totalmente al di sotto di viabilità esistente e che giunge fino alla cabina di raccolta, prevista nel comune di Sindia alla località "Piena Porcalzos" nei pressi della strada comunale Miali Spina.

Dalla cabina di raccolta parte il tracciato del cavidotto interrato in media tensione "esterno", che corre su strada esistente e che, dopo circa 19 km, raggiunge la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza).

La SE di utenza, infine, è collegata in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea a 380 kV "Ittiri - Selargius".

All'interno della stazione di utenza è prevista l'installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System, basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia. Il sistema di accumulo è dimensionato per 20 MW con soluzione containerizzata, composto sostanzialmente da:

- 16 Container metallici Batterie HC ISO con relativi sistemi di comando e controllo;
- 8 Container metallici PCS HC ISO per le unità inverter completi di quadri servizi ausiliari e relativi pannelli di controllo e trasformazione BT/MT.

Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori.

In fase di realizzazione dell'impianto sarà necessario predisporre un'area logistica di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore).

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.1.R00 26/07/2023 03/08/2023 01 4 di 75
---	---	---	---

Al termine dei lavori di costruzione dell'impianto, le aree di cantiere, le opere temporanee di adeguamento della viabilità e quelle funzionali alla realizzazione dell'impianto saranno rimosse ed i luoghi saranno ripristinati come ante operam.

La presente relazione descrive le opere strutturali previste per il progetto dell'impianto eolico. Le opere previste per la realizzazione del suddetto impianto consistono in:

- Fondazioni degli aerogeneratori;
- Opere previste per la sottostazione di trasformazione 30/150 kV;

Nei paragrafi successivi la descrizione delle opere.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	5 di 75

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

### NORMATIVA NAZIONALE

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

*“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.*

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

*“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.*

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

*“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni”.*

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.)

*“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.*

### NORMATIVA INTERNAZIONALE

UNI 9858 “Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria.

UNI ENV 1992-1-1 del 31-01-1993 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo.

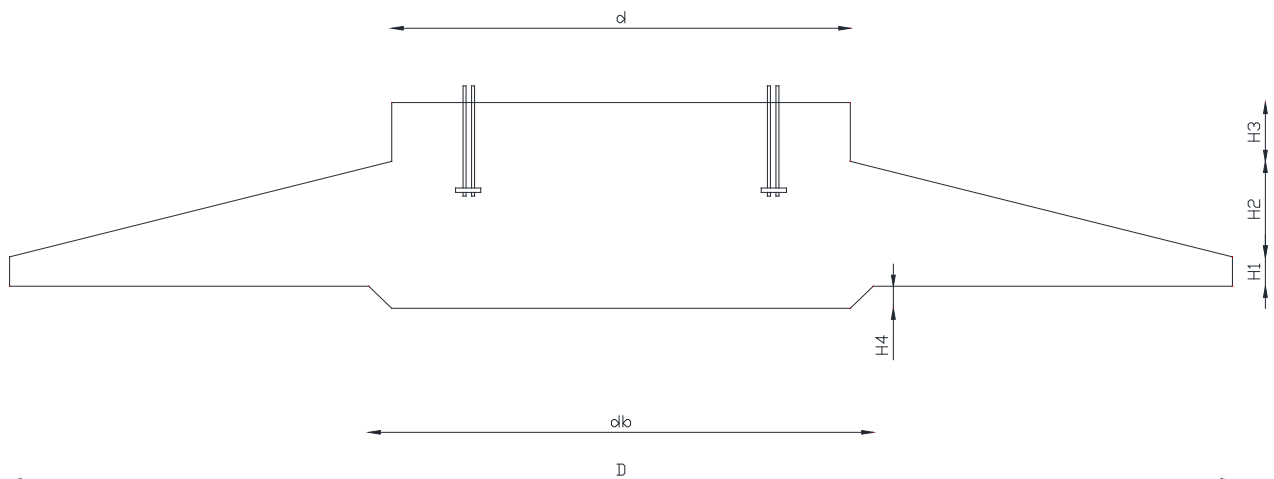
 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	6 di 75

### 3 DESCRIZIONE OPERE

#### 3.1 Plinto di fondazione

Per ciascuno degli aerogeneratori, i plinti calcolati sono di forma geometrica divisibile in tre solidi di cui il primo è un cilindro (corpo1) con un diametro di 28.00m e un'altezza di 0.30m, il secondo (corpo2) è un tronco di cono con diametro di base pari a 28.00m, diametro superiore di 6.20m e un'altezza pari a 2.2 m; il terzo corpo (corpo3) è un cilindro con un diametro di 6.20m e un'altezza di 0.60m.

Di seguito si riporta una sezione del complesso plinto-terreno di fondazione e una tabella con le caratteristiche dimensionanti degli stessi.



**Figura 1 - geometria plinto**

SIMBOLO	DIM	U.M.
<b>D</b>	28,00	m
<b>d</b>	6,20	m
<b>H1</b>	0,30	m
<b>H2</b>	2,20	m
<b>H3</b>	0,60	m
<b>H4</b>	0,30	m
<b>H<sub>tot</sub></b>	3,40	m
<b>Volume plinto</b>	782,00	m <sup>3</sup>

Viste le caratteristiche geologiche del terreno ad ora disponibili e gli enti sollecitanti, le fondazioni di ciascun aerogeneratore sono del tipo diretto.

**Si rimanda in ogni caso al progetto esecutivo per maggiori dettagli sulla geometria, le dimensioni del plinto per ogni torre.**



### 3.2 Sottostazione di trasformazione 30/150 kV

Il progetto prevede la realizzazione di una stazione SE di utenza comprensivo del sistema BESS è sita nel comune di Casamassima alla località "Patalino"..

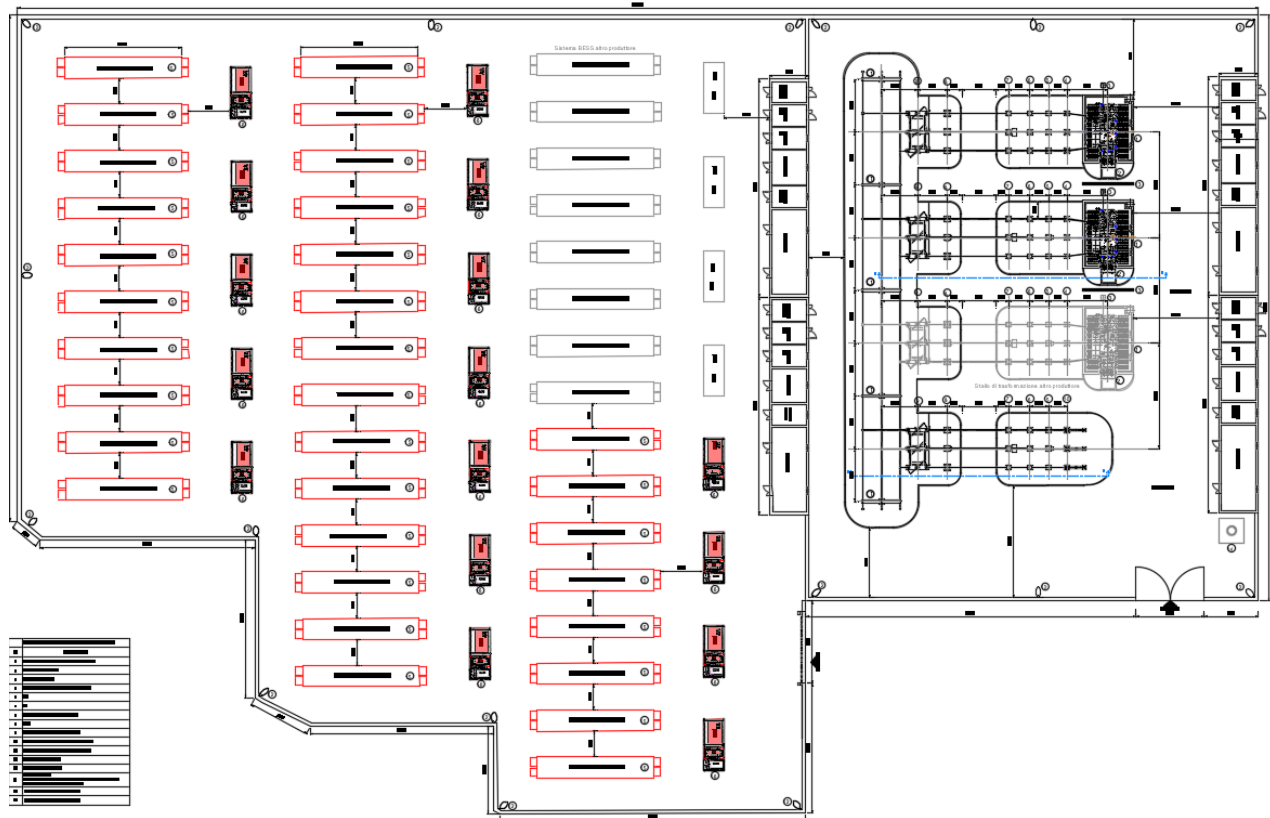


Figura 2 - vista planimetrica della stazione

Le opere previste per la realizzazione delle suddette stazioni consistono in:

- Fondazione trasformatore MT/AT;
- Fondazione e sostegno scaricatore di sovratensione;
- Fondazione e sostegno trasformatore di tensione capacitivo (TVC);
- Fondazione e sostegno trasformatore di tensione induttivo (TVI);
- Fondazione e sostegno trasformatore di corrente (TA);
- Fondazione e sostegno terminale cavi AT + scaricatori AT;
- Fondazione e sostegno M.A.T. neutro;
- Fondazione e sostegno sezionatore tripolare;
- Fondazione interruttore;
- Fondazione e sostegno arrivo cavi MT;
- Fondazione e sostegno arrivo cavo AT;
- Fondazione e sostegno portale sbarre;
- Edificio Utente.





### 3.2.1 Fondazione trasformatore MT/AT

La vasca ha dimensioni in pianta 8.00 m x 6.00 m ed un'altezza pari a 2.50 m. la platea ha uno spessore di 30 cm, su quest'ultima si innestano le pareti perimetrali che hanno spessore pari a 30 cm per il primo 1.80 m e pari a 20 cm per i restanti 40 cm; i setti centrali porta trasformatore hanno spessore 70 cm per il primo 1.80 m e pari a 50 cm per i restanti 40 cm

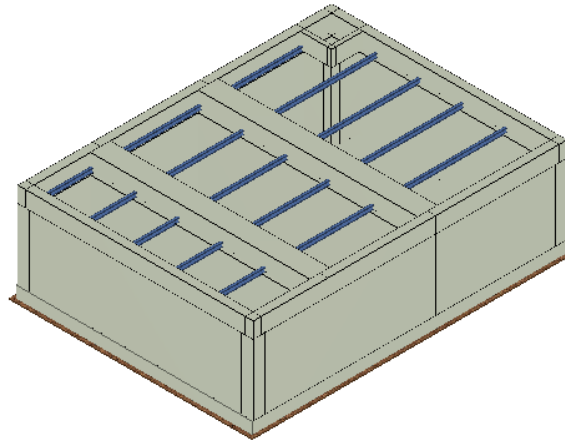


Figura 3 - vista

### 3.2.2 Fondazione e sostegno scaricatore di sovratensione

Per lo scaricatore è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 219.1 mm, spessore 4.0 mm ed altezza 4.52 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Si è adottata un tipo di fondazione a plinto isolato di forma quadrata di dimensioni 1.40 m x 1.40 m ed altezza di 60 cm e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 45 cm. L'interconnessione tra il plinto e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°4 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

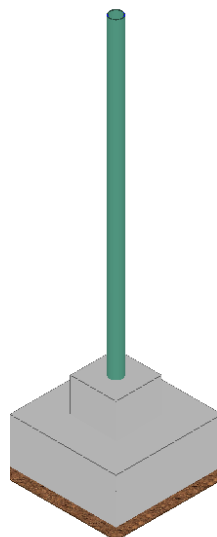


Figura 4 - vista

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	9 di 75

### 3.2.3 Fondazione e sostegno trasformatore di tensione induttivo (TV)

Per l'apparecchiatura trasformatore di tensione è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 3.53 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Il collegamento con la fondazione è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

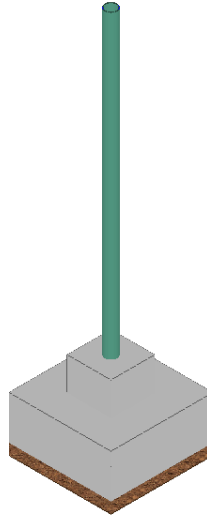


Figura 5 - vista

### 3.2.4 Fondazione e sostegno trasformatore di corrente (TA)

Per l'apparecchiatura trasformatore di corrente è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 4.32 m. I collegamenti sono di tipo flangiato. Il collegamento con la fondazione è effettuato tramite 4 tirafondi ad uncino, annegati in un plinto di fondazione a base quadrata di dimensioni 1.4 x 1.4 m ed altezza ed altezza di 0.60 m e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 0.45 m.

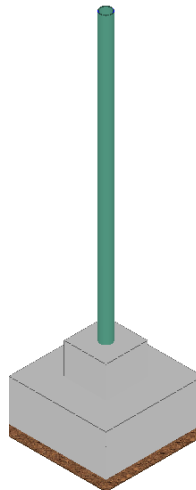


Figura 6 - vista

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	10 di 75

### 3.2.5 Fondazione e sostegno M.A.T. neutro

Per il MAT neutro è stata considerata come struttura di supporto un profilato tubolare cavo a sezione circolare di diametro 114.3 mm, spessore 4.5 mm ed altezza 5.6 m. Si è adottata un tipo di fondazione a plinto isolato di forma quadrata di dimensioni 1.40 m x 1.40 m ed altezza di 60 cm e con un colletto superiore di dimensione 0.60 m x 0.60 m e spessore 45 cm. L'interconnessione tra il plinto e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°4 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

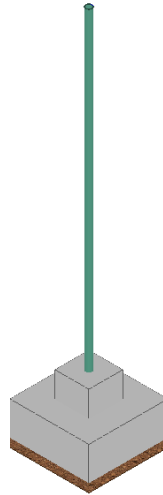


Figura 7 – Vista

### 3.2.6 Fondazione e sostegno sezionatore tripolare

Per il Sezionatore è stata considerata come struttura di supporto due profilati tubolari cavi a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 6.3 mm ed altezza 2.54 m, sulla quale si innestano travi UPN100. La fondazione a platea di forma rettangolare di dimensioni 1.60 m x 6.00 m e spessore 75 cm. L'interconnessione tra la platea e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°12 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

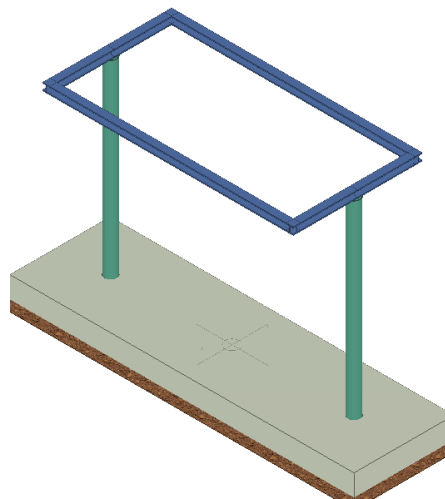


Figura 8 - Vista

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	11 di 75

### 3.2.7 Fondazione Interruttore

Per l'interruttore è prevista una platea di fondazione di forma rettangolare di dimensioni 1.70 m x 6.00 m e spessore 75 cm. L'interconnessione tra la platea e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da n°8 tirafondi in acciaio zincato a caldo.

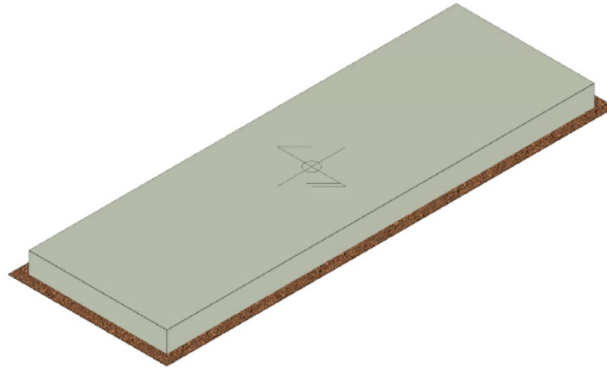


Figura 9 - vista

### 3.2.8 Fondazione arrivo cavi MT

Per il castelletto cavi MT è stata considerata come struttura di supporto 2 profili tubolari cavi a sezione circolare di diametro 168.3 mm, spessore 4.0 mm ed altezza 3.75 m, sui quali si innestano travi tipo UPN100. I collegamenti sono di tipo flangiati. L'elemento di fondazione è un plinto di dimensioni 1.60 m x 0.60 m x 0.80 m.

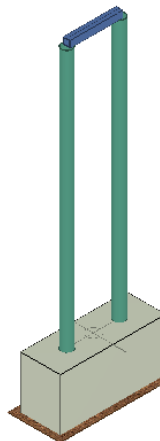


Figura 10 – Vista

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	12 di 75

### 3.2.9 Fondazione e sostegno arrivo cavi AT

Il sostegno metallico per l'arrivo cavo AT consiste in tre supporti reticolari costituiti da colonne tipo angolari L80x80x10 mm e aste reticolari di tipo angolari L50x50x6 e L60x60x8. I collegamenti sono di tipo bullonato, il collegamento della struttura con la fondazione è effettuato tramite 8x3 tirafondi ad uncino, annegati in membrature verticali costituite da pareti di altezza 1.60 m e di spessore 0.35 m. Le pareti sono collegate ad una platea di fondazione di dimensioni 7.05 x 1.86 x 0.35 m.

Il cunicolo è costituito da un basamento di larghezza di 1.20 m e spessore 0.20 m sormontato lateralmente da due pareti di spessore 0.20 m e altezza 1.50 m. L'opera è interamente interrata.

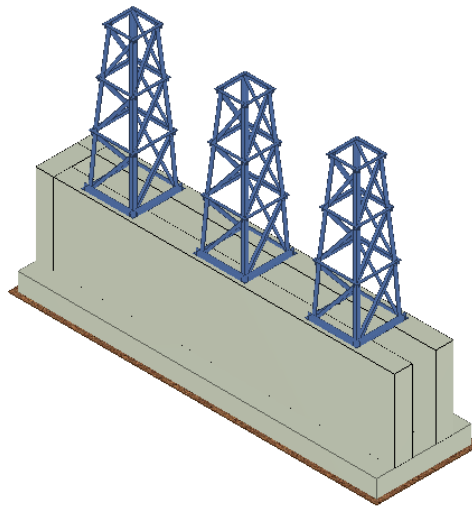


Figura 11 – Vista

### 3.2.10 Fondazione e sostegno portale sbarre AT

Per il portale sbarre AT è stata considerata come struttura di supporto un profilo tubolare cavo a sezione circolare di diametro 219.1 mm e spessore 6.0 mm sui quali si innestano travi tipo UPN100 per un'altezza complessiva del sostegno pari a 5.15 m. L'interconnessione tra il plinto e il supporto dell'apparecchiatura elettromeccanica è assicurata da tirafondi in acciaio zincato a caldo.

La fondazione a plinto isolato di forma quadrata di dimensioni 2.45 m x 2.45 m ed altezza di 30 cm e con un colletto superiore di dimensione 0.70 m x 0.70 m e altezza 50 cm.

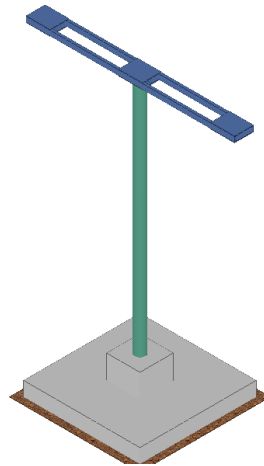


Figura 12 – Vista

### 3.2.11 Edificio Utente

L'edificio si sviluppa su un livello interrato ed uno fuori terra; la struttura sarà realizzata in c.a. con travi, pilastri e pareti, la fondazione sarà a platea e la copertura sarà realizzata con travetti precompressi e pignatte.

L'edificio ha dimensioni in pianta pari a 25.60 x 4.60m ed un'altezza fuori terra di 3.50 m (rif. Elaborato 1531-PD\_A\_5.8\_TAV\_r00).

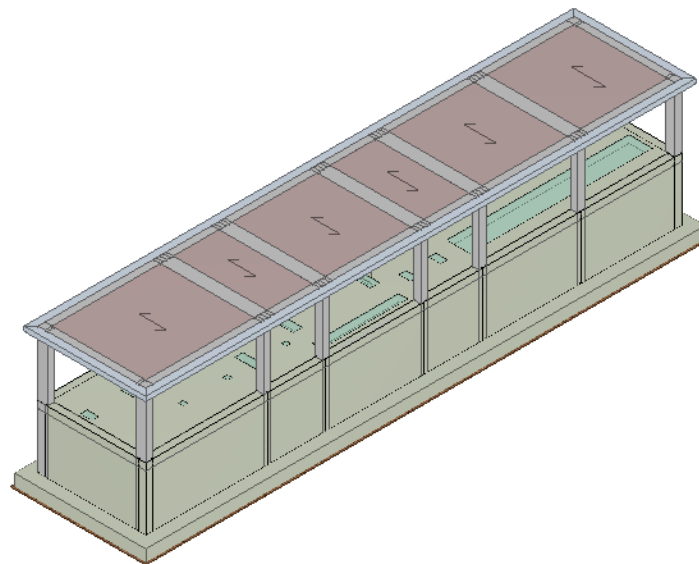


Figura 13 - vista

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	14 di 75

## 4 MATERIALI IMPIEGATI

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente, particolare attenzione è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera.

Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

**Tabella 1 - Caratteristiche calcestruzzo armato**

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	n	n Ac
	[N/mm <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C32/40_B450C - (C32/40)</b>															
002	25,000	0.000010	33,346	13,894	60	P	40.00	-	0.85	1.50	18.81	1.41	3.63	15	003
<b>Cls C45/55_B450C - (C45/55)</b>															
003	25,000	0.000010	36,283	15,118	60	P	55.00	-	0.85	1.50	25.87	1.65	4.44	15	003
<b>Cls C25/30_B450C - (C25/30)</b>															
004	25,000	0.000010	31,447	13,103	60	P	30.00	-	0.85	1.50	14.11	1.19	3.07	15	003

### LEGENDA:

N <sub>id</sub>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ <sub>k</sub>	Peso specifico.
α <sub>T, i</sub>	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C <sub>Erid</sub>	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E <sub>sisma</sub> = E · C <sub>Erid</sub> ].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica cubica.
R <sub>cm</sub>	Resistenza media cubica.
%R <sub>ck</sub>	Percentuale di riduzione della R <sub>ck</sub>
γ <sub>c</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f <sub>cd</sub>	Resistenza di calcolo a compressione.
f <sub>ctd</sub>	Resistenza di calcolo a trazione.
f <sub>cfm</sub>	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

**Tabella 2 - Caratteristiche acciaio**

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub> NCnt	Cnt
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>S275</b>																
003	78 500	0,000012	210.00	80 769	P	275,00 255,00	430 410	261,90 242,86	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
<b>S355</b>																
004	78 500	0,000012	210.00	80 769	P	355,00 335,00	510 470	338,10 319,05	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>																
005	78 500	0,000010	210.00	80 769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	15 di 75

### LEGENDA:

<b>N<sub>id</sub></b>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
<b>γ<sub>k</sub></b>	Peso specifico.
<b>α<sub>T, i</sub></b>	Coefficiente di dilatazione termica.
<b>E</b>	Modulo elastico normale.
<b>G</b>	Modulo elastico tangenziale.
<b>Stz</b>	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
<b>f<sub>tk,1</sub></b>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>tk,2</sub></b>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>f<sub>td</sub></b>	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
<b>γ<sub>s</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
<b>γ<sub>M1</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
<b>γ<sub>M2</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
<b>γ<sub>M3,SLV</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
<b>γ<sub>M3,SLE</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
<b>γ<sub>M7</sub></b>	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
<b>f<sub>yk,1</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>yk,2</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>f<sub>yd,1</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).
<b>f<sub>yd,2</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
<b>NOTE</b>	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018:

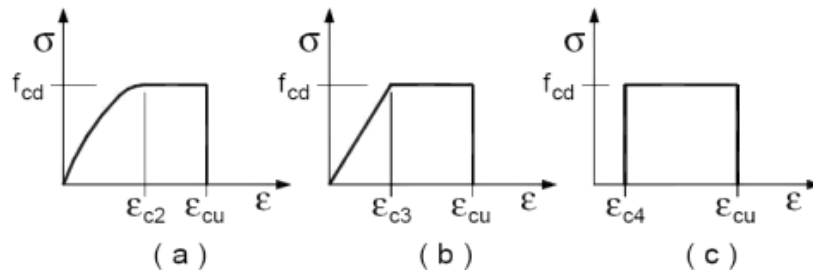


Figura 14 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

I valori di deformazione assunti sono:

$$\epsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\epsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in figura sottostante.

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk}/\gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_f$  si assume pari a 1,15.

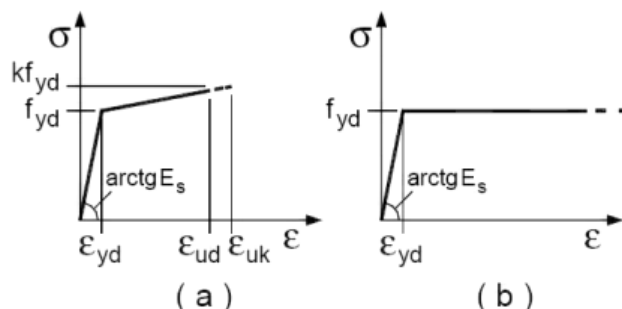


Figura 15 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione acciaio



	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	16 di 75

## 5 ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

## 6 AZIONI SULLE STRUTTURE

Le azioni sulla struttura in esame sono valutate in accordo al capitolo 3 del D.M. 2018. In particolare, sono presenti:

- Carichi torre;
- Carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- Azione sismica;
- Carichi caratteristici da neve;
- Carichi caratteristici da vento estremo;
- Carichi estremi;
- Carichi estremi durante il normale funzionamento;

Le azioni così ottenute sono opportunamente combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma di riferimento e riportate in dettaglio al §9 della presente. Da queste si ottengono i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegare successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018.

### 6.1 Carichi torre

I carichi standard agenti sul plinto dovuti alla sovrastruttura:

Snow Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
0	0	-319,43	0	0	0

Table 6.1. Characteristic Snow Loads. No partial safety factors are applied. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

Characteristic Extreme Wind Loads			
M <sub>res</sub>	M <sub>z</sub>	F <sub>res</sub>	F <sub>z</sub>
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
154553	4903	1585	-6622

Table 6.2. Resulting Characteristic Extreme Wind Loads. No partial safety factors are applied. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

S.L.O. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
23,17	77,24	-6825,07	-8283,57	2485,07	2,55

Table 6.3.1 S.L.O. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

S.L.D. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
32,24	107,45	-6825,07	-11522,99	3456,90	3,55

Table 6.3.2 S.L.D. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	17 di 75

S.L.V. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
76,54	255,13	-6825,07	-27360,09	8208,03	8,43

Table 6.3.3 S.L.V. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

S.L.C. Seismic Loads					
F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
86,39	287,95	-6825,07	-30879,39	9263,82	9,51

Table 6.3.4 S.L.C. Characteristic Seismic Loads Soil Type C. PLF must be applied acc. to D.M. 17-01-2018.

Characteristic Extreme					
LC/Family	PLF	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt
[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
62E50b05000(fam344)	1,10	<b>149300</b>	3378	1297	-6622
98NTM1800(fam352)	1,35	<b>157600</b>	4903	1284	-6791

Table 6.4. Characteristic Extreme wind. acc. to IEC 61400

## 6.2 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali in acciaio e in c.a. è stato portato in considerazione automaticamente dal programma di calcolo nella modellazione geometrica della struttura, le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione.

## 6.3 Carichi permanenti non strutturali

Il peso proprio delle apparecchiature elettromeccaniche unipolari di stazione è stato assunto pari a **15000 N**.  
Le opere fondali del sezionatore e dell'interruttore sono state dimensionate per un carico di **30000 N**.  
Per il trasformatore di potenza si è assunto un carico di **740000 N**.

## 6.4 Carichi Accidentali

Per le opere fondali si è assunto un carico accidentale pari a **6000 N/m<sup>2</sup>** (cat. E – aree ad uso industriale, tab. 3.1.II del D.M. 2018).

## 6.5 Azione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 2018});$$

dove

$q_r$ : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\text{relazione 3.3.6 - D.M. 2018});$$

con:

$\rho$ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>);

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	18 di 75

$v_r$ : velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (Eq. 3.3.2 - D.M. 2018):

$v_r = v_b \cdot c_r$ , con:

$\alpha_R$ : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$c_r = 0,75 \cdot \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 2018});$$

$v_b$ : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni, data da:  $v_b = v_{b,0} \cdot c_a$

dove:

$c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_{0a} = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del §3.3.2 D.M. 2018  $a_s$ : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;

$T_R$ : periodo di ritorno espresso in anni.

$c_e$ : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo ( $z$ ) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min} \end{aligned} \quad (\text{relazione 3.3.7 - D.M. 2018});$$

dove:

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);

$c_t$ : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

$c_p$ : coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento (cfr. § 3.3.8 - D.M. 2018).

$c_d$ : coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.9 - D.M. 2018).

## 6.6 Azione della neve

Il carico da neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare 2019 n. 7. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture è stato stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_{E'} \cdot C_t$$

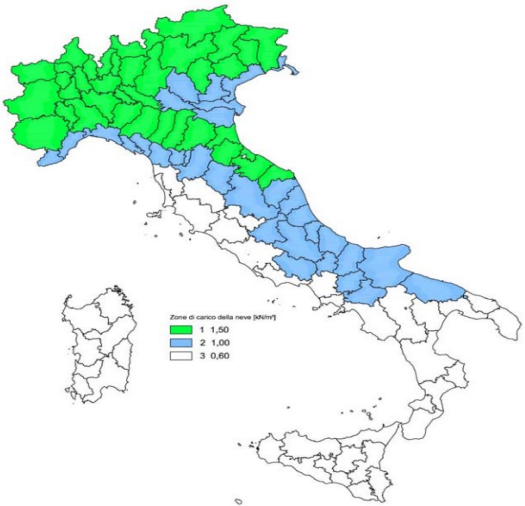
dove:

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in [kN/m<sup>2</sup>]. Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine ( $a_s$ ) secondo quanto indicato alla seguente tabella;

**Tabella 3 - Valori di riferimento del carico della neve al suolo,  $q_{sk}$  (cfr. §3.4.2 D.M. 2018)**

Zona	$a_s \leq 200 \text{ m}$	$a_s > 200 \text{ m}$
I – Alpina	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$
I – Mediterranea	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	19 di 75

II	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,85 [1+(as/481)^2] \text{ kN/m}^2$
III	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$	$q_{sk} = 0,51 [1+(as/481)^2] \text{ kN/m}^2$
 <p style="text-align: center;"><b>Mappa delle zone di carico della neve</b> [cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].</p>		<b>6.6.1.1.1.1 Zone di carico della neve</b>  <b>I - Alpina:</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza  <b>I - Mediterranea:</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese  <b>II:</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona  <b>III:</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, funzione dell'inclinazione della falda ( $\alpha$ ) e della sua morfologia (vedi tabelle seguenti);

**Tabella 4 - Valori dei coefficienti di forma per falde piane (cfr. Tab. 3.4.II D.M. 2018 e Tab. C3.4.I Circolare 2019 n. 7)**

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	-

**Tabella 5 - Valori dei coefficienti di forma per coperture cilindriche (cfr. §C3.4.3.3.1 Circolare 2019 n. 7)**

Angolo di tangenza delle coperture cilindriche, $\beta$	Coefficiente di forma, $\mu_3$
per $\beta > 60^\circ$	$\mu_3 = 0$
per $\beta \leq 60^\circ$	$\mu_3 = 0.2 + 10 h / b \leq 2.0$

- $C_E$  è il coefficiente di esposizione, funzione della topografia del sito (si veda la seguente tabella);

**Tabella 6 - Valori di  $C_E$  per diverse classi di esposizione (cfr. Tab. 3.4.I D.M. 2018)**

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	20 di 75

-  $C_t$  è il coefficiente termico, cautelativamente posto pari ad 1 (cfr. §3.4.4 D.M. 2018).

## 6.7 Azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare, il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

L'opera in oggetto è stata progettata per una **Vita Nominale** pari a **100** e per **Classe d'Uso** pari a **2**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria A**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Tabella 7 - Parametri pericolosità sismica

Parametri sismici				
	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [...]	$T_C^*$ [s]
<b>SLO</b>	<b>30</b>	<b>0,183</b>	<b>2,610</b>	<b>0,273</b>
<b>SLD</b>	<b>50</b>	<b>0,231</b>	<b>2,670</b>	<b>0,296</b>
<b>SLV</b>	<b>475</b>	<b>0,490</b>	<b>2,880</b>	<b>0,340</b>
<b>SLC</b>	<b>975</b>	<b>0,591</b>	<b>2,980</b>	<b>0,372</b>

$T_R$  Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.

$a_g/g$  Coefficiente di accelerazione al suolo.

$F_0$  Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$  Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** ( $S_T$ ) pari a **1.00**.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	21 di 75

## 7 DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G_{1k} + G_{2k} + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Le verifiche sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.



## 8 MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI

Per il progetto e la verifica dei plinti si è utilizzato un programma di calcolo agli elementi finiti. Il plinto di fondazione è stato modellato utilizzando elementi shell.

Il modello è caratterizzato dai seguenti parametri:

Sistema di riferimento	Cilindrico
Coordinate sistema di riferimento	Centro geometrico del plinto
Materiale utilizzato	Conc (calcestruzzo)
Carichi applicati	puntuale (Forze e Momenti) superficiale (Peso terreno di ricoprimento) di volume (Peso proprio plinto)

Si riporta di seguito una schematizzazione in conci del plinto.

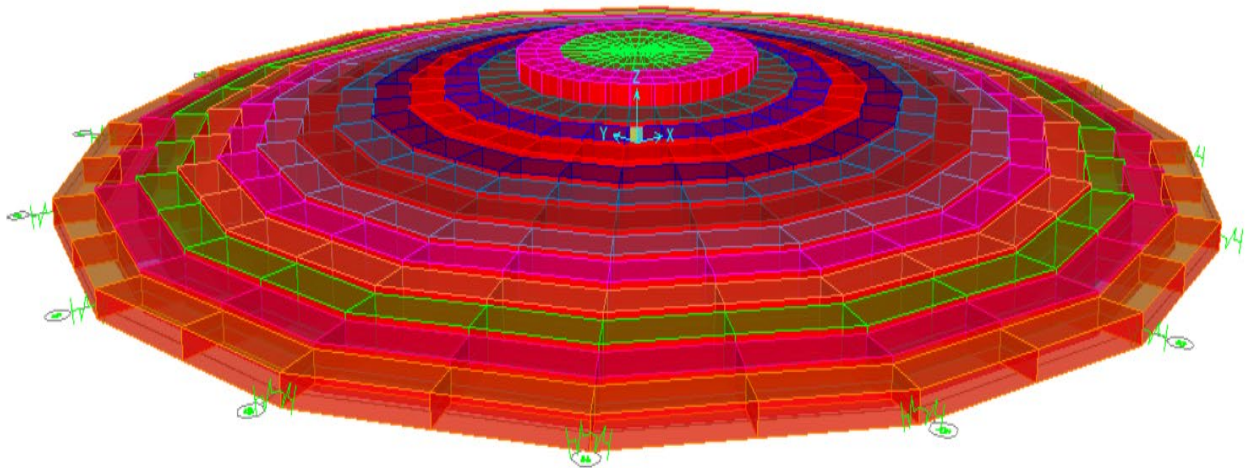
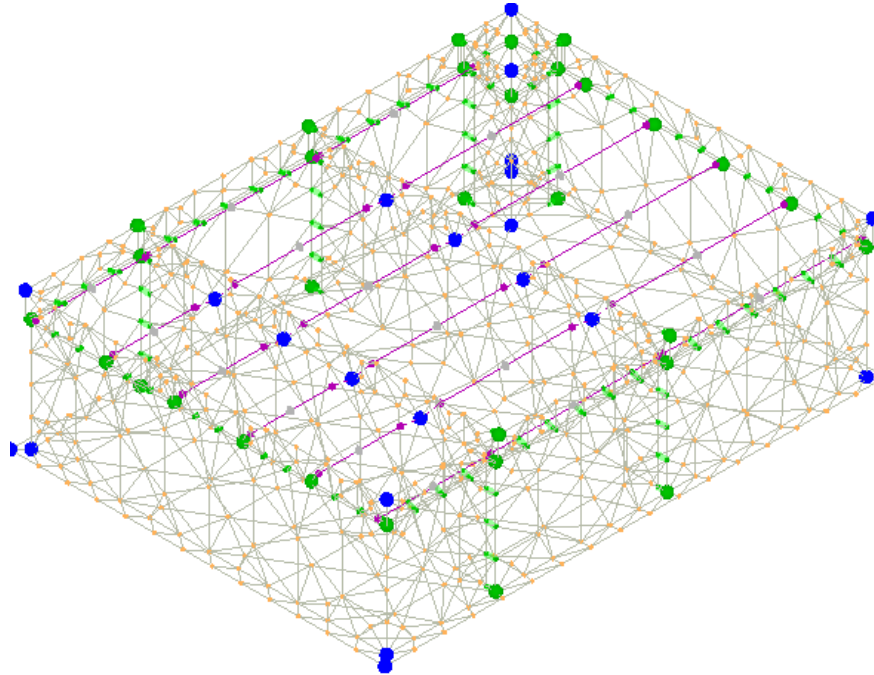


Figura 16 - schematizzazione plinto

Si riporta di seguito una schematizzazione delle opere di stazione.



**Figura 17 - vista mesh trasformatore di potenza**



**Figura 18 - vista mesh TV, TA, mat neutro, scaricatore**



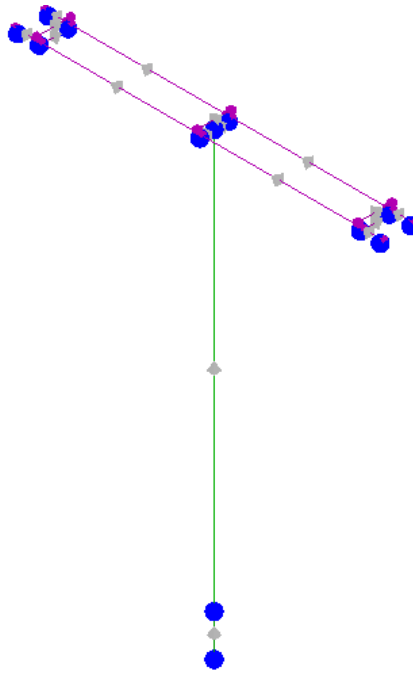


Figura 19 - vista mesh arrivo sbarre AT

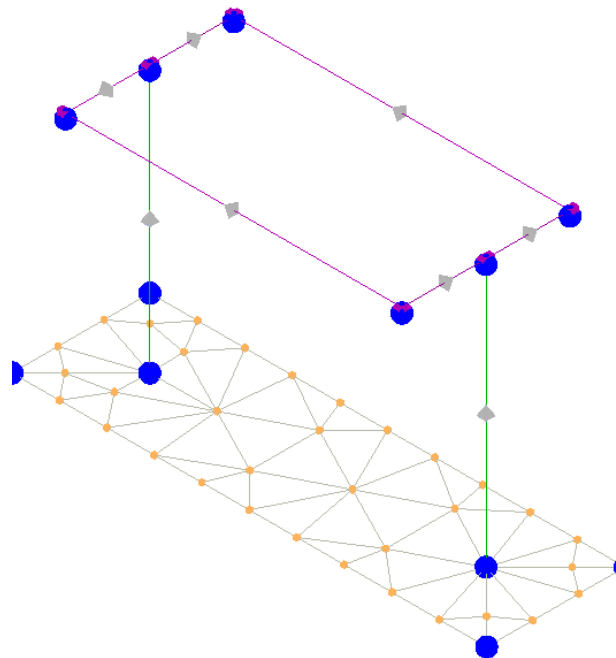
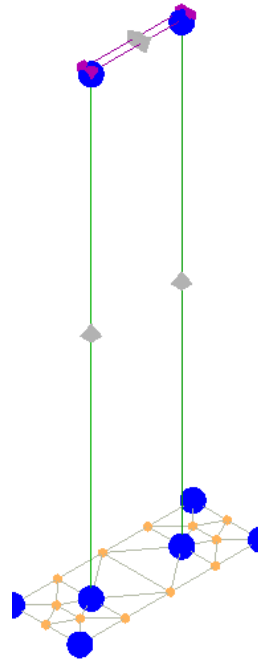
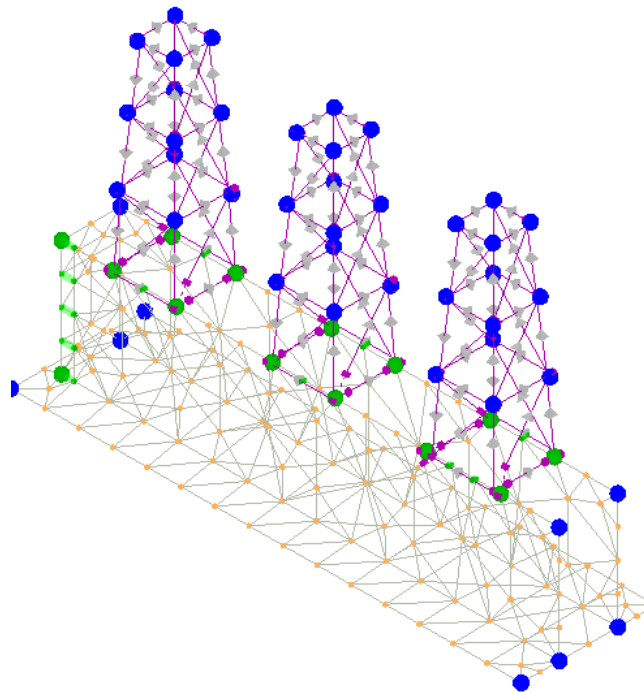
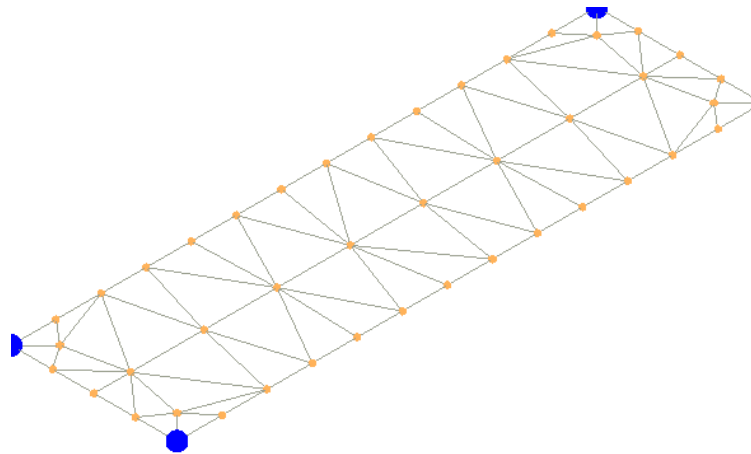
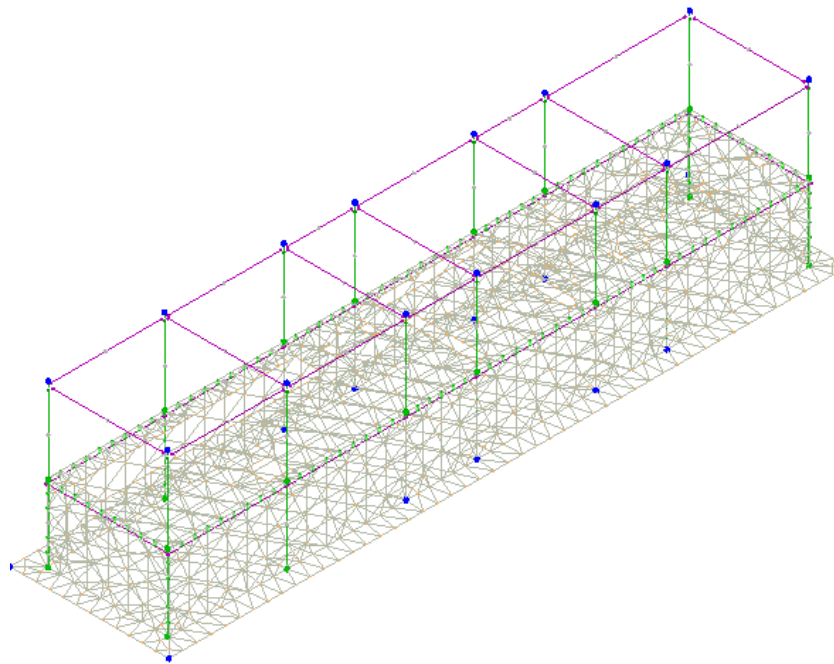


Figura 20 - vista mesh sezionatore

**Figura 21 - vista mesh castelletto MT****Figura 22 - vista mesh arrivo cavi AT**

**Figura 23 - vista mesh fondazione interruttore****Figura 24 - vista mesh edificio**

I modelli strutturali delle opere di stazione sono costituiti nella fattispecie da elementi beam che rappresentano la sovrastruttura, sui quali sono applicati i carichi definiti nei paragrafi precedenti. Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche. Alla sovrastruttura è collegata la fondazione modellata tramite elementi plinto o platea su di un letto di molle alla Winkler, sulle quali sono stati applicati i carichi mediante azioni distribuite. L'edificio è stato modellato utilizzando elementi beam per modellare travi e pilastri ed elementi shell per la modellazione delle pareti interrato.

La modellazione del materiale degli elementi in c.a. segue la classica teoria dell'elasticità lineare; per cui il materiale è caratterizzato oltre che dal peso specifico, da un modulo elastico (E) e un modulo tagliante (G).

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	ES.SUN01.PD.10.1.R00 26/07/2023 03/08/2023 01 27 di 75
---	---	---	--

La possibile fessurazione degli elementi in c.a. è stata tenuta in conto nel modello considerando un opportuno decremento del modulo di elasticità e del modulo di taglio, nei limiti di quanto previsto dalla normativa vigente per ciascuno stato limite.

Gli elementi di **fondazione** sono modellati assumendo un comportamento elastico-lineare sia a trazione che a compressione.

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	28 di 75

## 9 CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Oggetto del presente paragrafo è sia la verifica dell'affidabilità del codice di calcolo utilizzato che l'attendibilità dei risultati ottenuti ai sensi del Cap 10 par 10.2 D.M. 17/01/2018.

### ***Tipo di Analisi svolta ed Origine e Caratteristiche del Codice di calcolo***

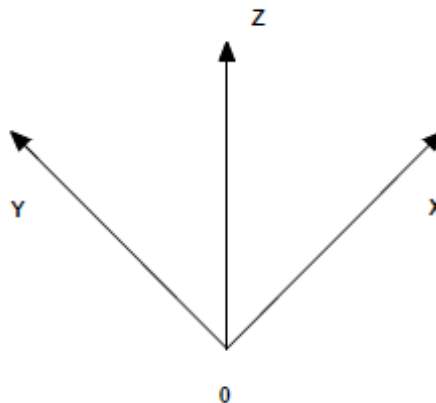
Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette).

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani levogira OXYZ (X, Y e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).



**Figura 25 - sistema di riferimento**

Un elemento Shell è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 da cui derivano le sollecitazioni così come individuato nelle figure seguenti:

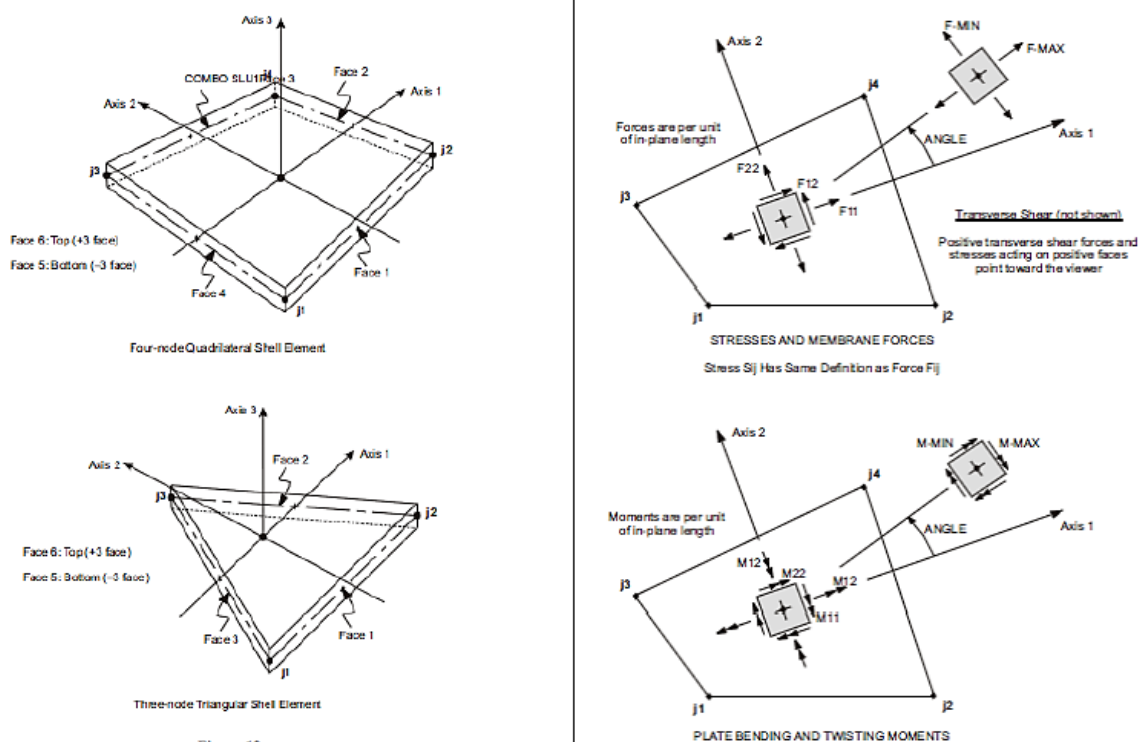


Figura 26 - Sistema di riferimento elemento shell e sollecitazioni elemento shell

### ***Affidabilità dei Codici utilizzati e Validazione dei codici***

L'affidabilità del codice utilizzato è stata validata dall'analisi della documentazione fornita dal produttore che, oltre a contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, include l'individuazione dei campi d'impiego nonché casi prova interamente risolti e commentati.

### ***Modalità di presentazione dei risultati***

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per la tipologia di analisi sviluppata già menzionata in precedenza.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	30 di 75

I software licenziati sono il SAP2000 **versione 20 con numero di licenza 17134 intestata a Ten Project srl, ed Edilus** della casa **Acca software**

Nome del Software	<b>EdiLus</b>
Versione	BIM 2(b)
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	17100434
Intestatario Licenza	TenProject s.r.l
Produzione e Distribuzione	<b>ACCA software S.p.A.</b> Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

## 10 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU – SLV avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si costruiscono le combinazioni sismiche in base al D.M. 2018 secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018, ottenendo un ulteriore insieme di sollecitazioni;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo, tra tutte le combinazioni, con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 10.1 Verifiche strutturali elementi in acciaio.

La progettazione delle strutture è avvenuta in modo da soddisfare le verifiche richieste per gli SLU (statici e sismici) e per gli SLE (statici e sismici) mediante l'ausilio del codice di calcolo. Le verifiche condotte sulle sezioni sono sotto riportate:

#### Verifiche SLU - SLV

- Flessione: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;
- Taglio: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;
- Instabilità: in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018;

Di seguito una rappresentazione grafica dei risultati maggiormente significativi:

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	31 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

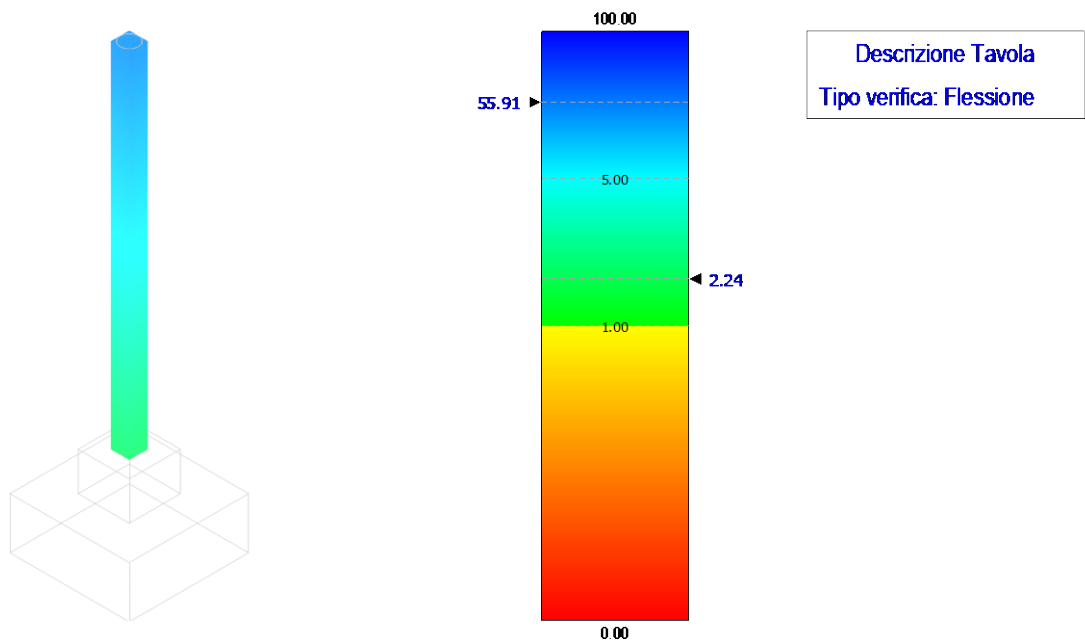


Figura 27 - verifica a flessione – scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

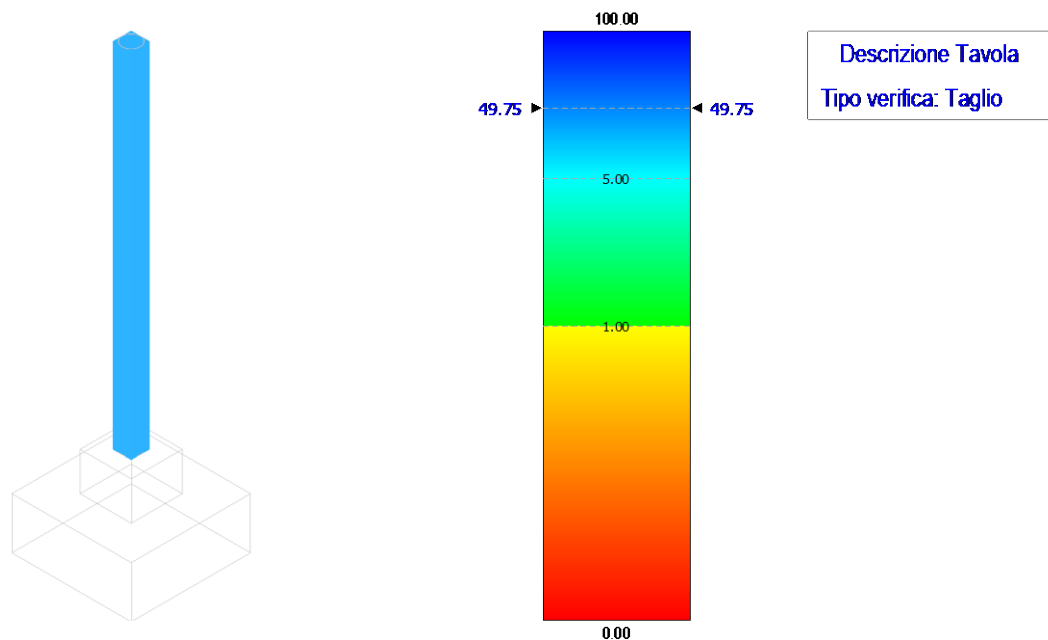


Figura 28 - verifica a taglio – scaricatore





### Coefficienti di Sicurezza

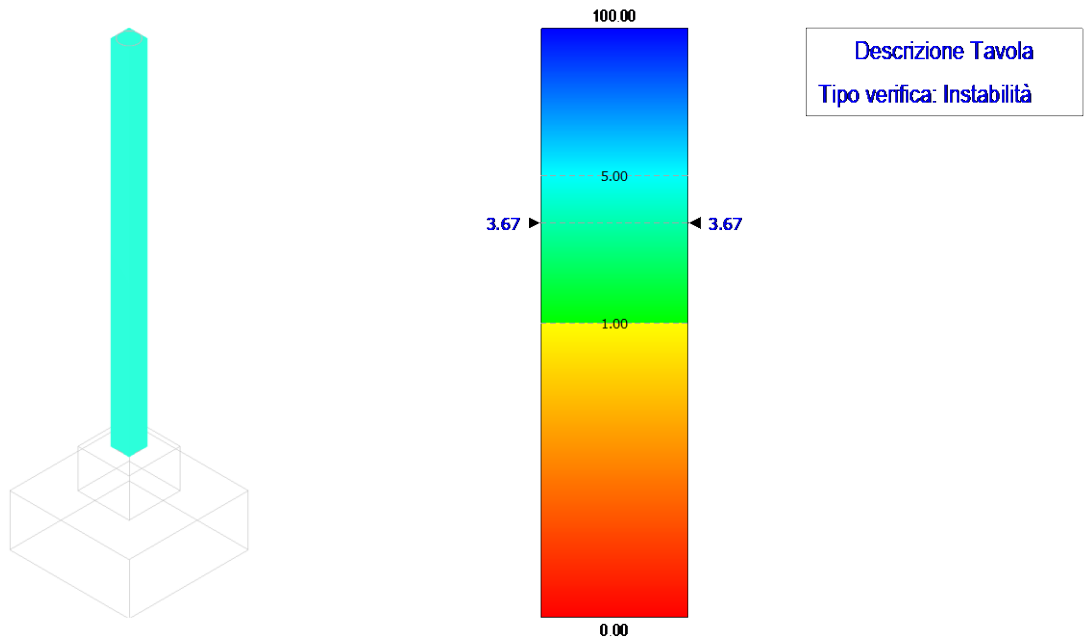


Figura 29 - verifica a instabilità – scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

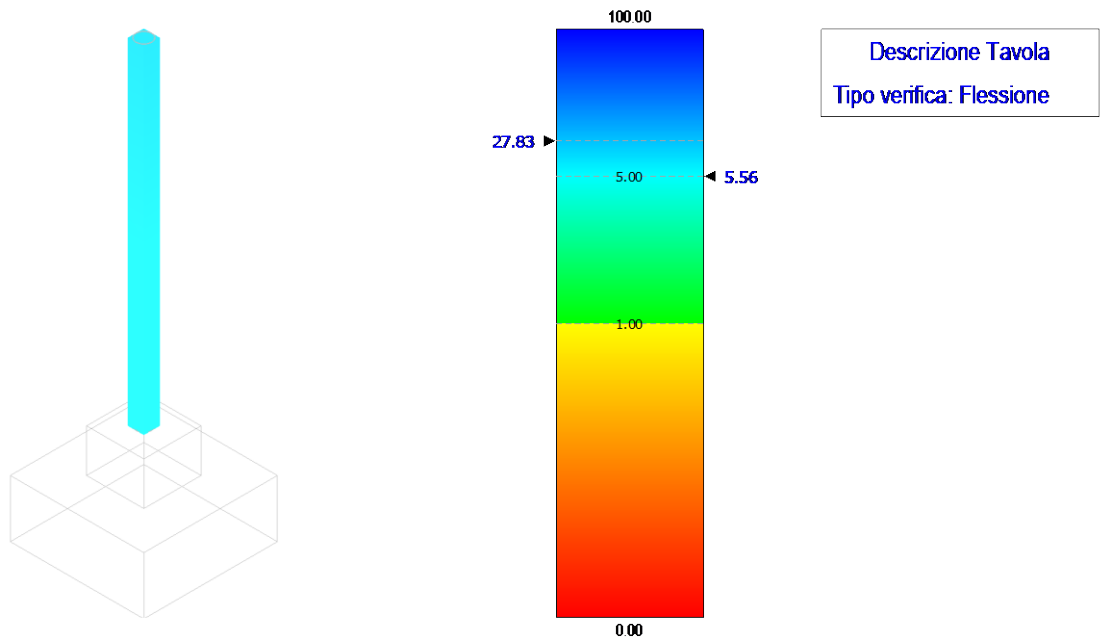


Figura 30 - verifica a flessione – TV

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	33 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

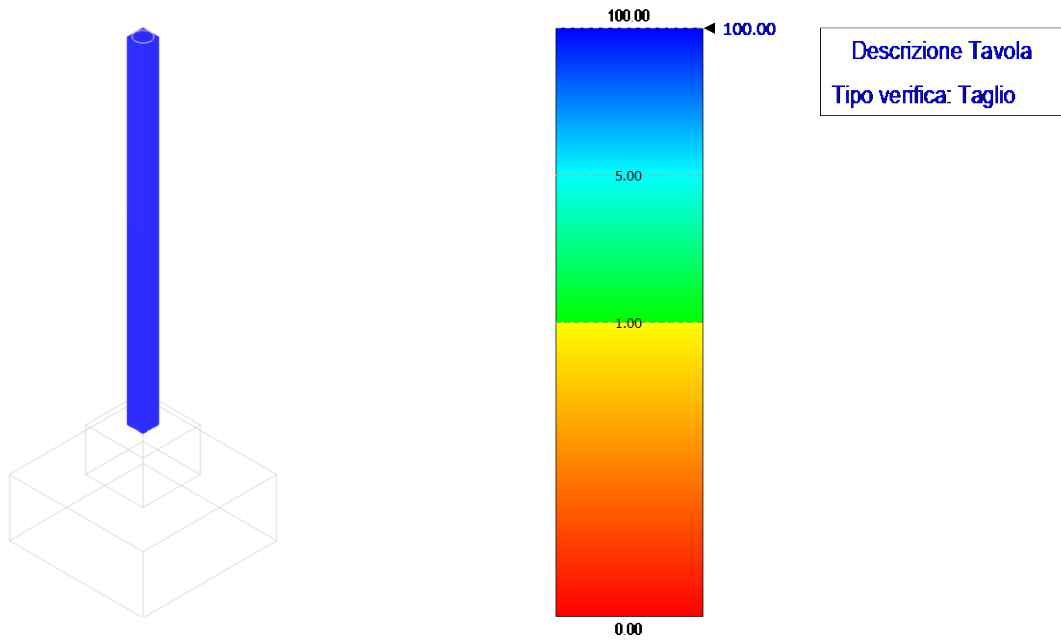


Figura 31 - verifica a taglio – TV

### Coefficienti di Sicurezza

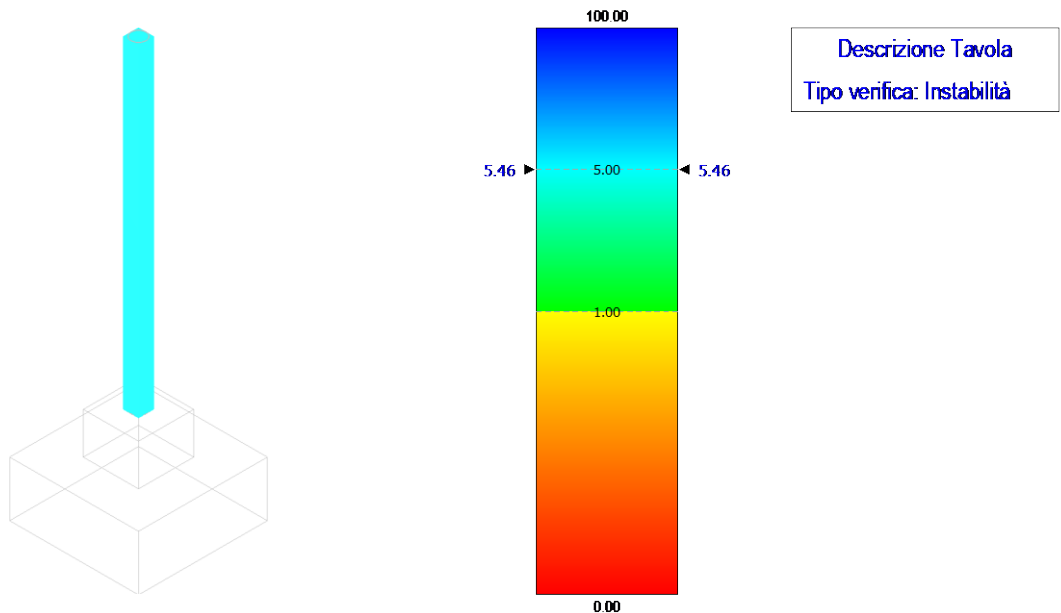


Figura 32 - verifica instabilità – TV

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	34 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

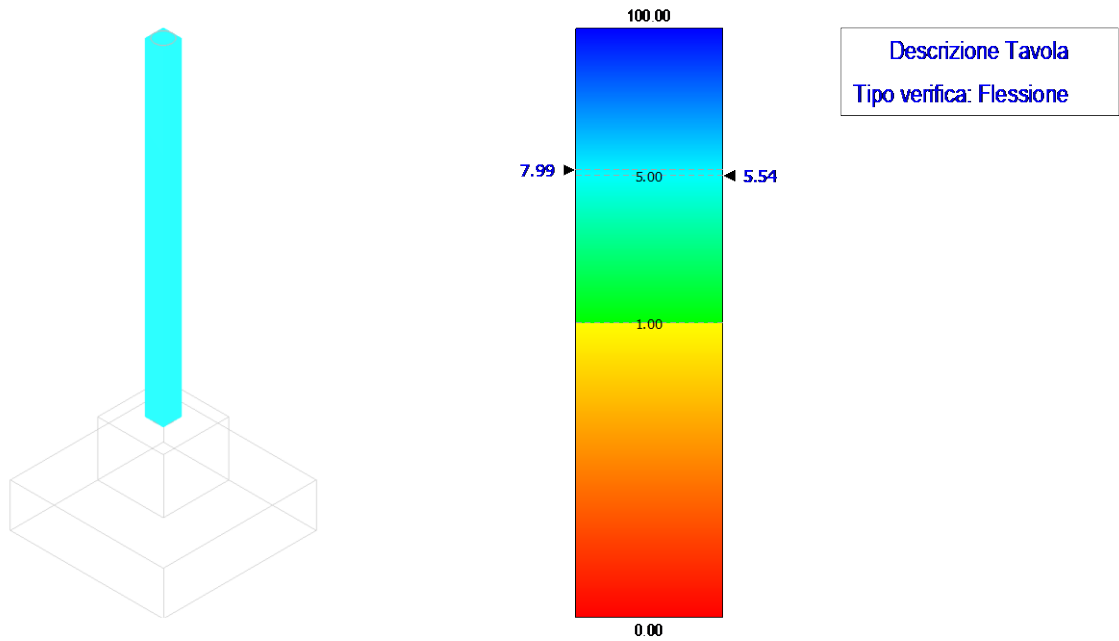


Figura 33 - verifica a flessione – TA

### Coefficienti di Sicurezza

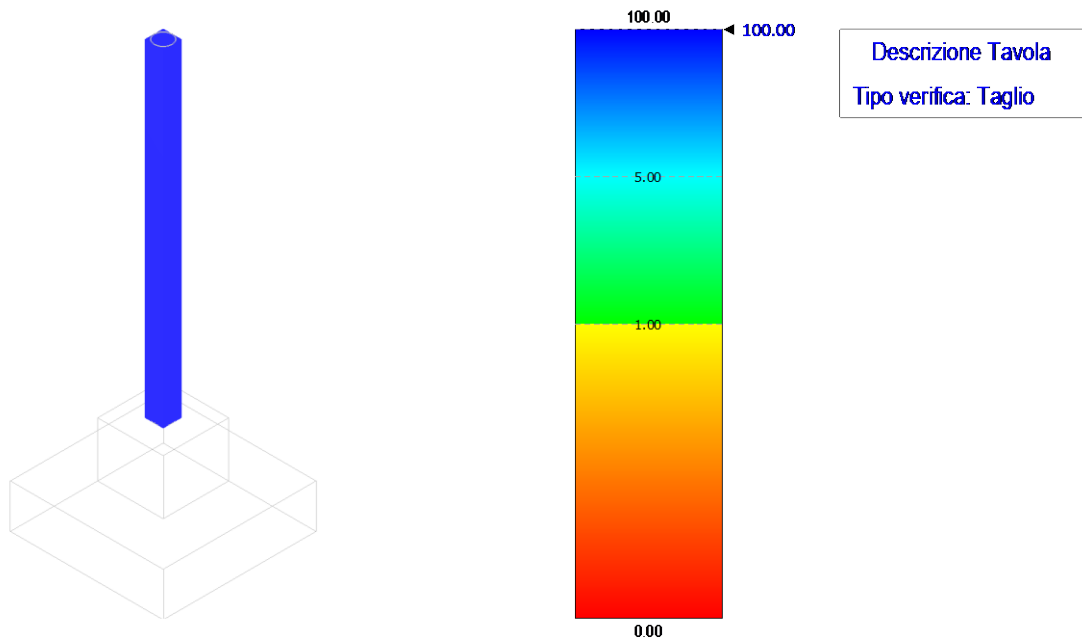


Figura 34 - verifica a taglio – TA

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	35 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

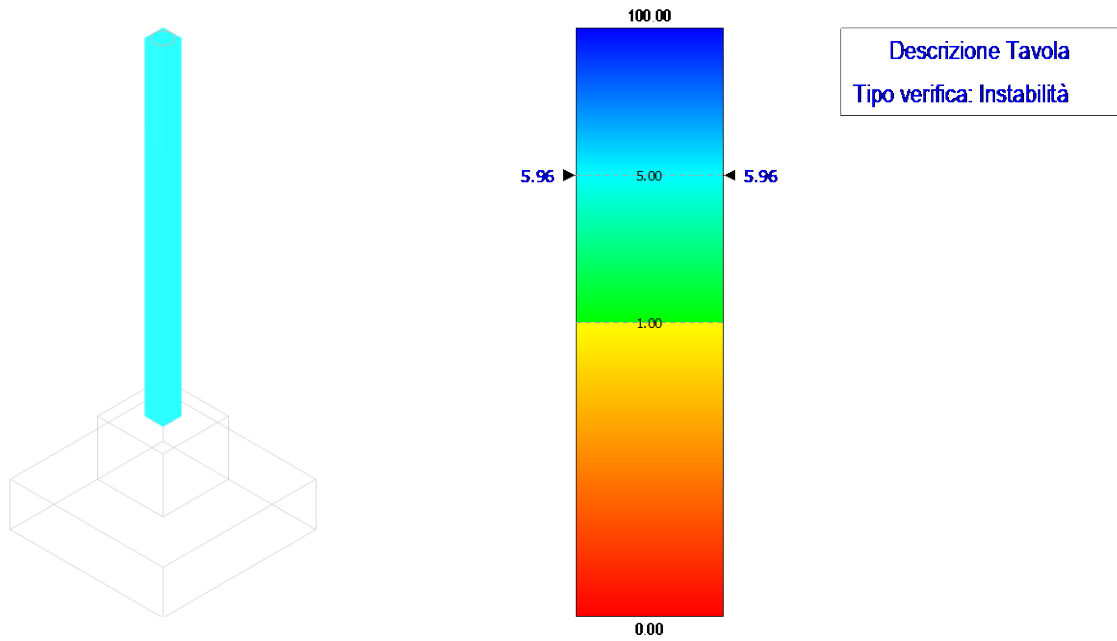


Figura 35 - verifica instabilità – TA

### Coefficienti di Sicurezza

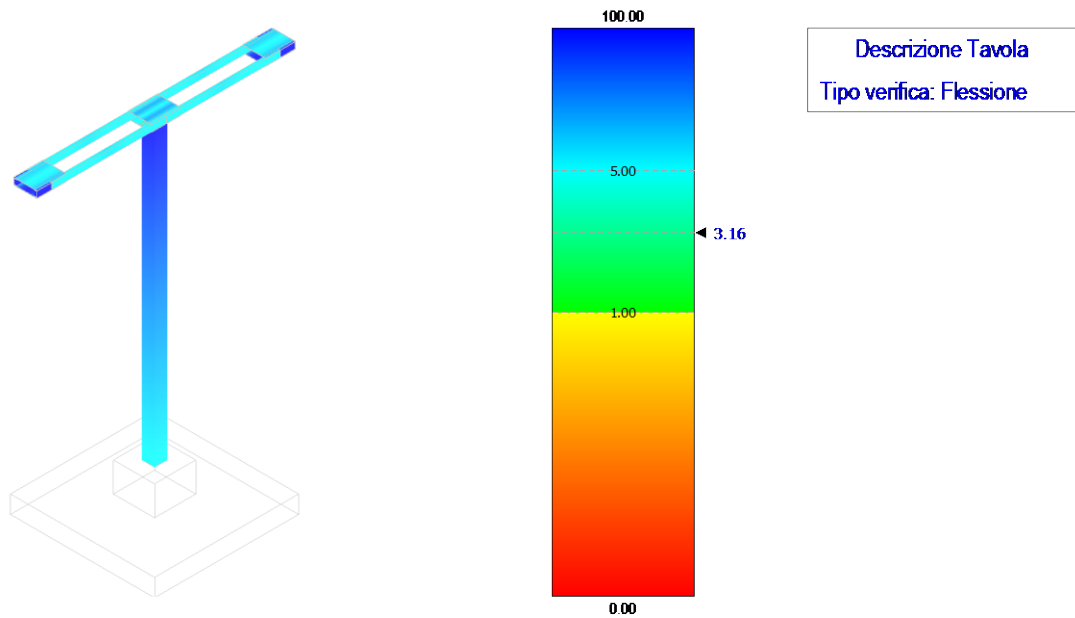


Figura 36 - verifica a flessione – sbarre AT

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	36 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

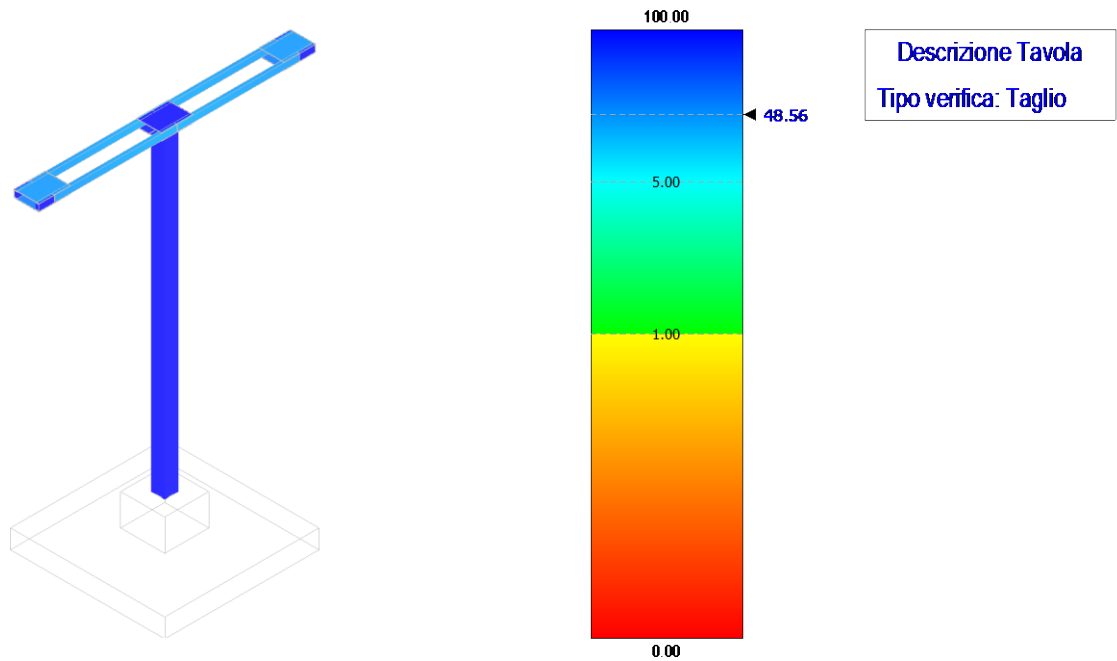


Figura 37 - verifica a taglio – sbarre AT

### Coefficienti di Sicurezza

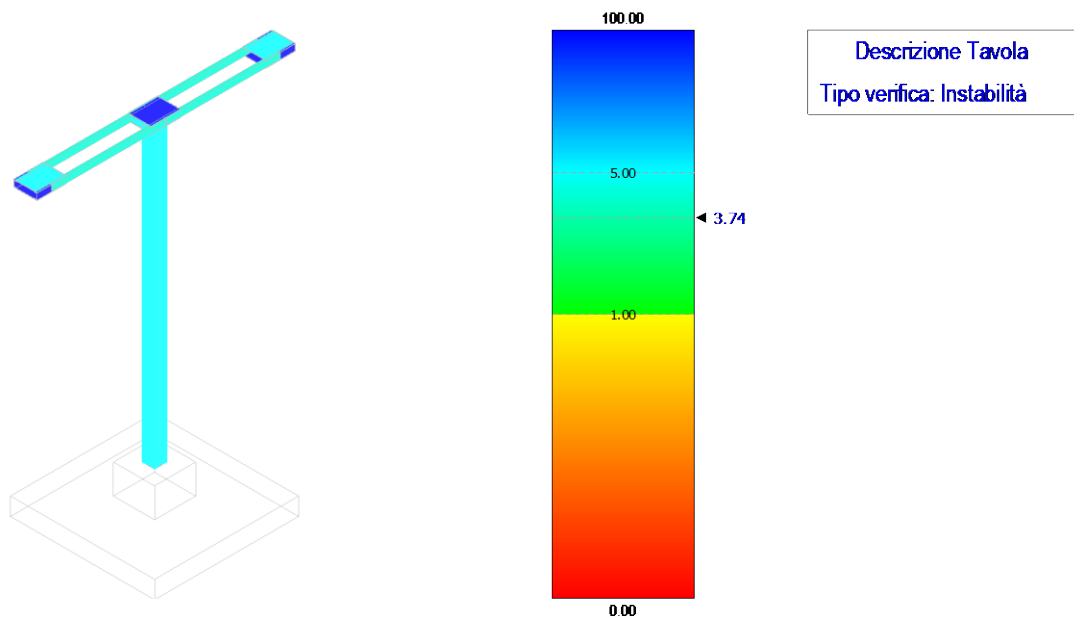


Figura 38 - verifica instabilità – sbarre AT

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	37 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

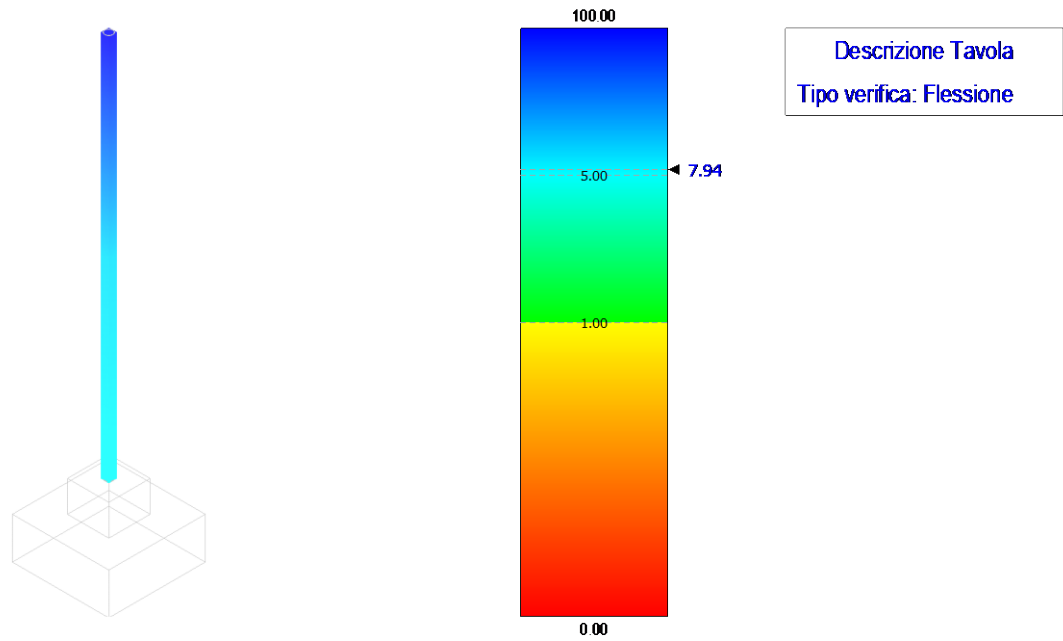


Figura 39 - verifica a flessione – M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

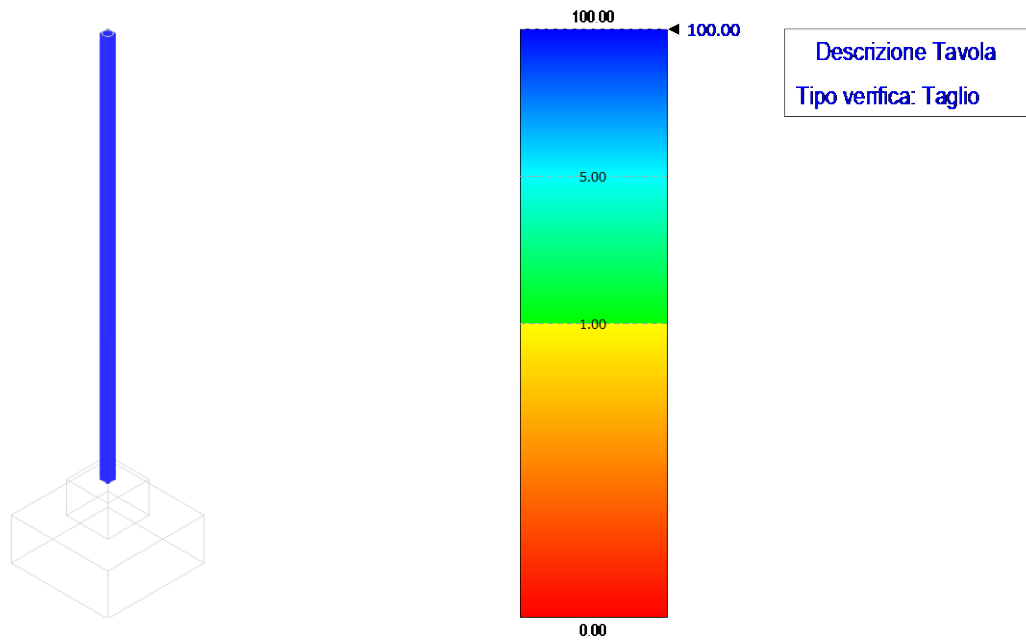


Figura 40 - verifica a taglio – M.A.T. neutro

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	38 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

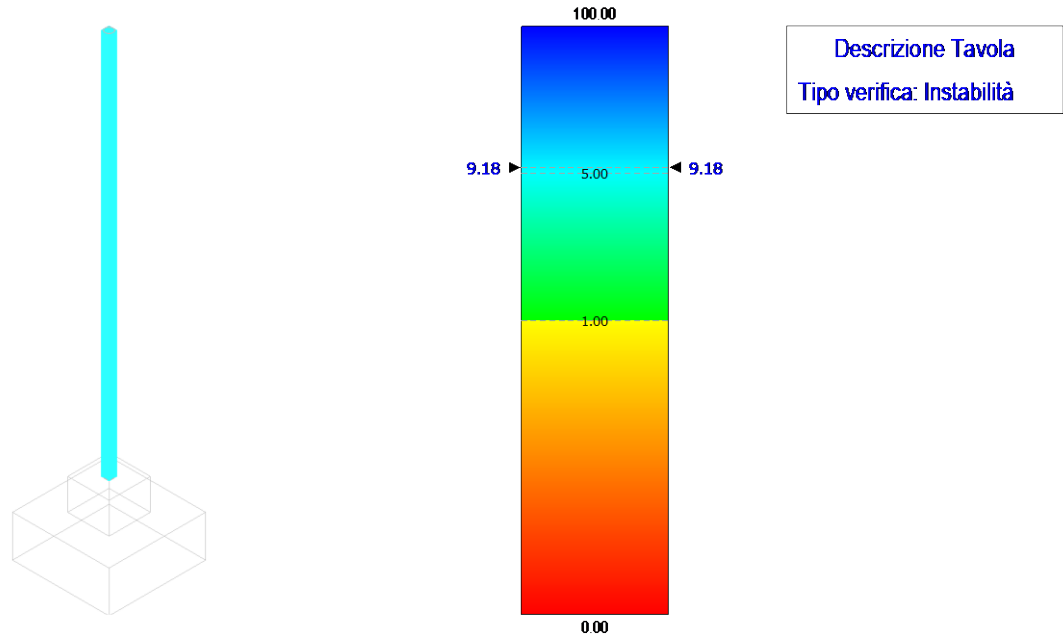


Figura 41 - verifica instabilità – M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

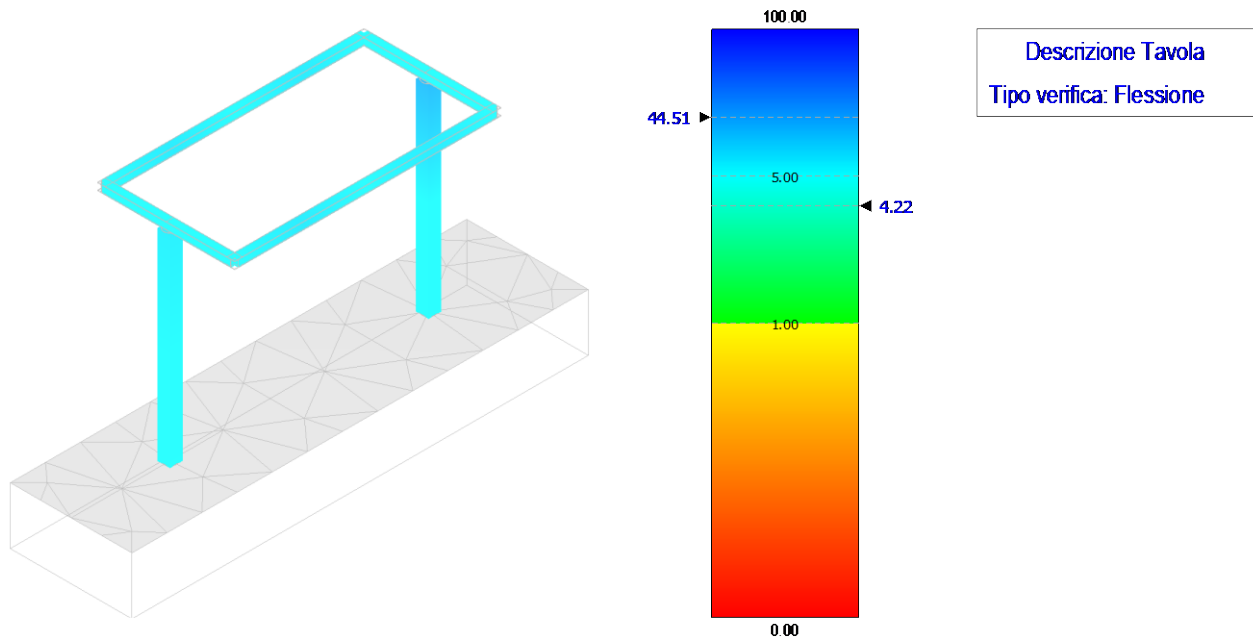


Figura 42 - verifica a flessione – sezionatore

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	39 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

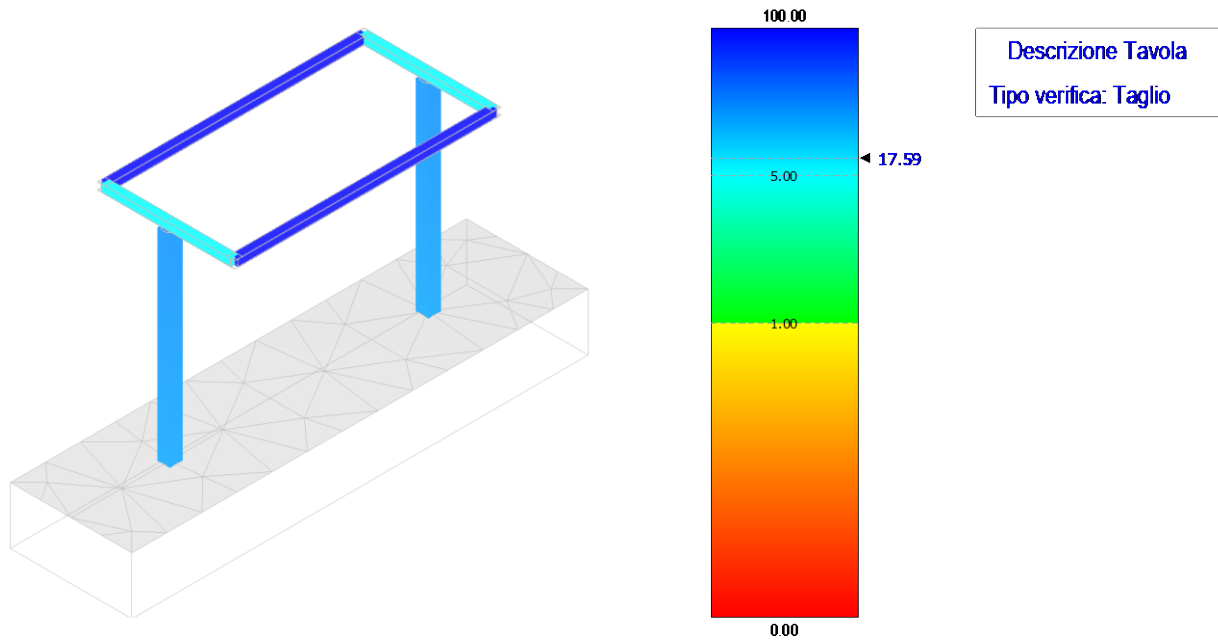


Figura 43 - verifica a taglio – sezionatore

### Coefficienti di Sicurezza

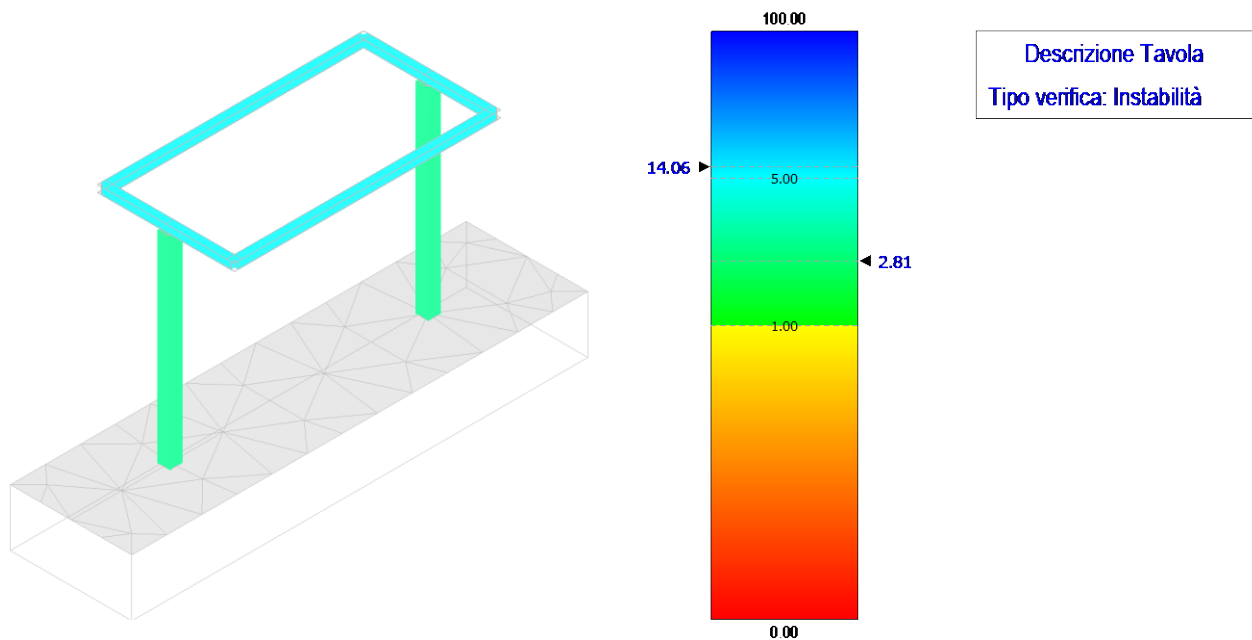


Figura 44 - verifica instabilità – sezionatore





### Coefficienti di Sicurezza

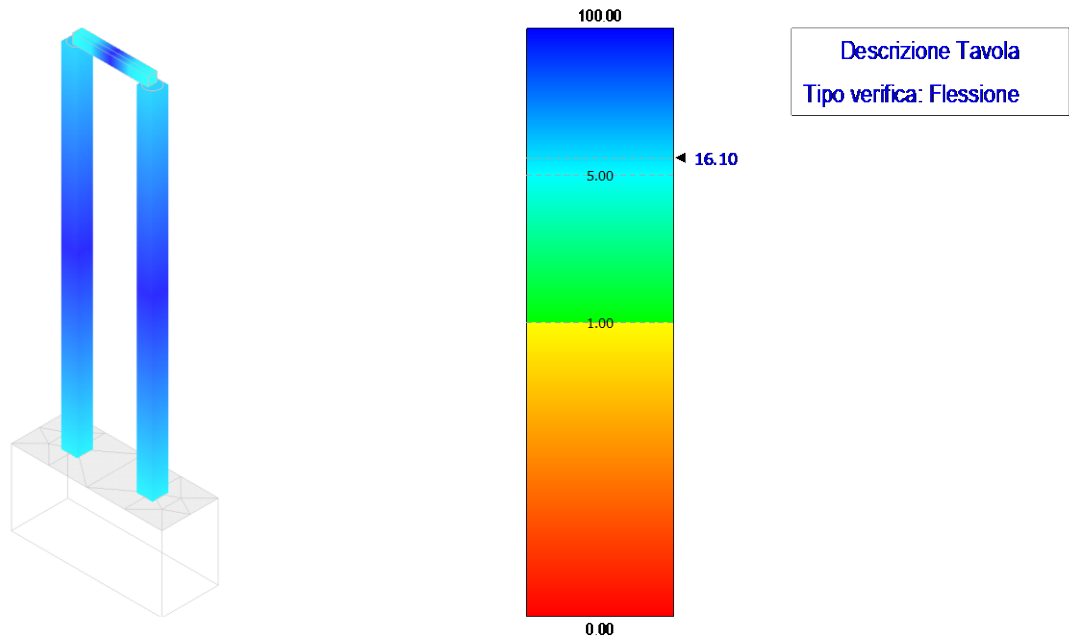


Figura 45 - verifica a flessione – arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

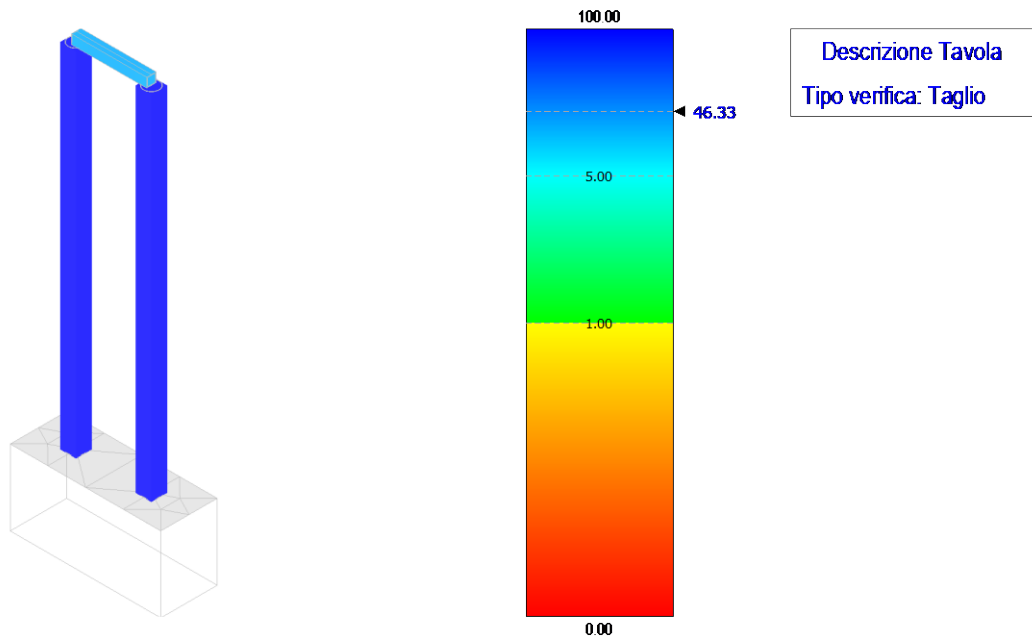
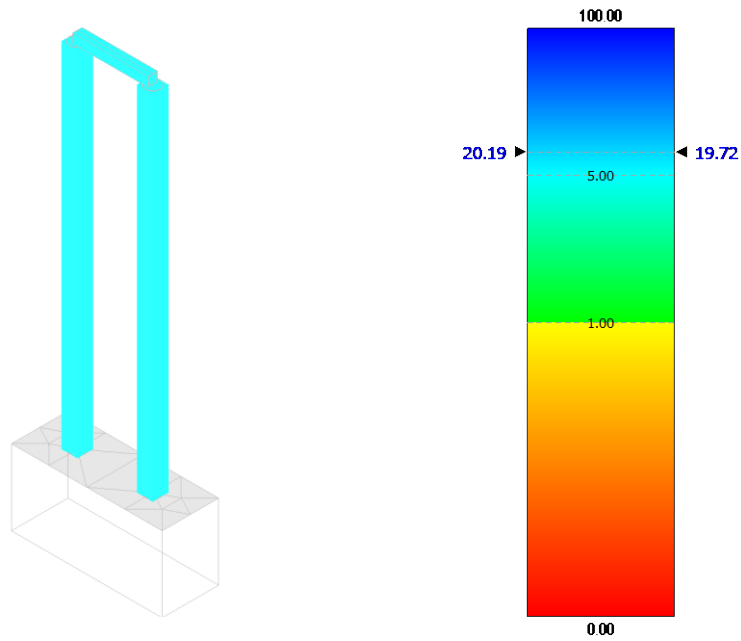


Figura 46 - verifica a taglio – arrivo cavi MT



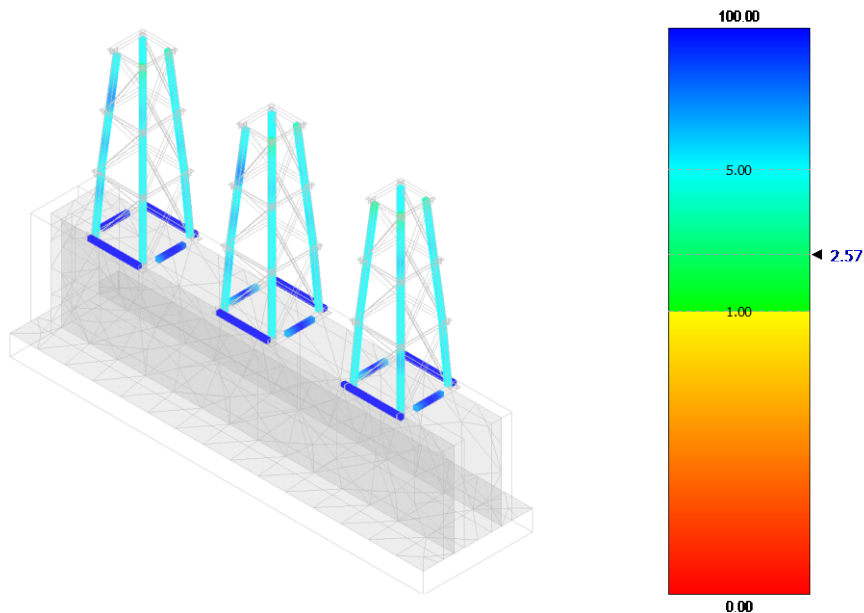
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Instabilità

Figura 47 - verifica instabilità – arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Flessione

Figura 48 - verifica a flessione – arrivo cavi AT



### Coefficienti di Sicurezza

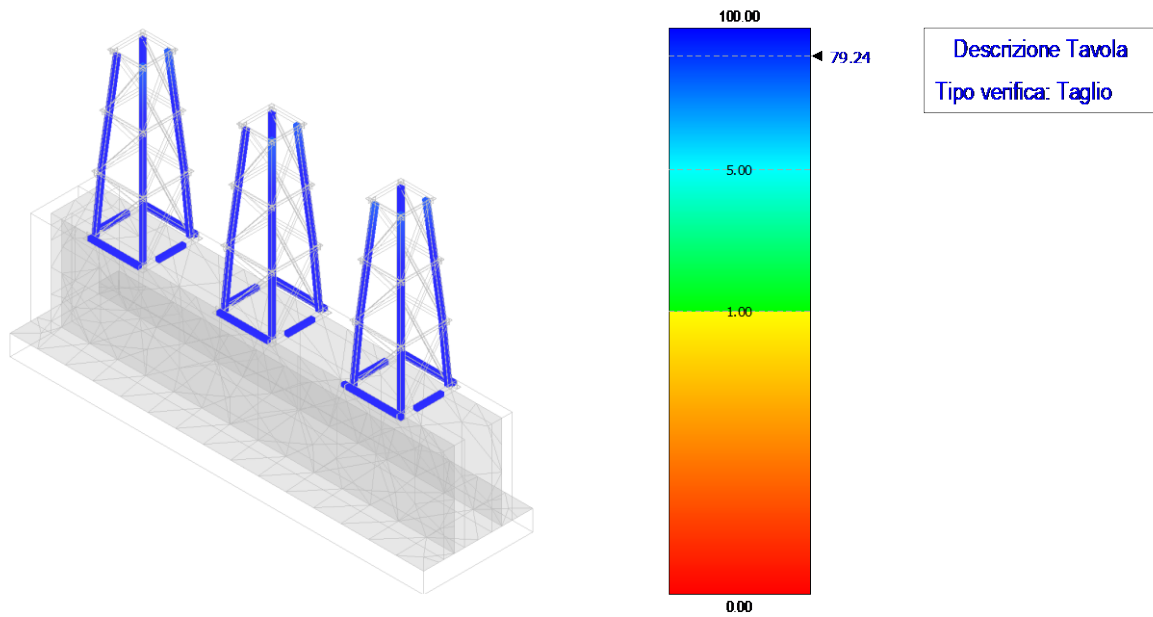


Figura 49 - verifica a taglio – arrivo cavi AT

### Coefficienti di Sicurezza

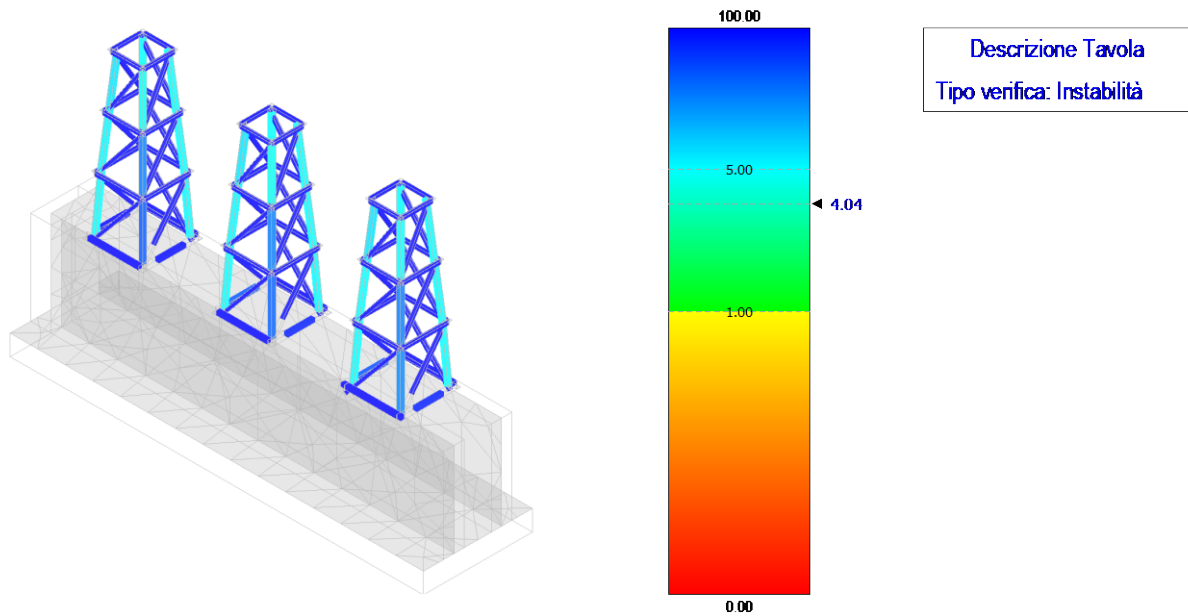


Figura 50 - verifica instabilità – arrivo cavi AT

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	43 di 75

### Verifiche SLE - SLD

- Deformabilità: in accordo con §4.2.4.2 del D.M. 17/01/2018

### Coefficienti di Sicurezza

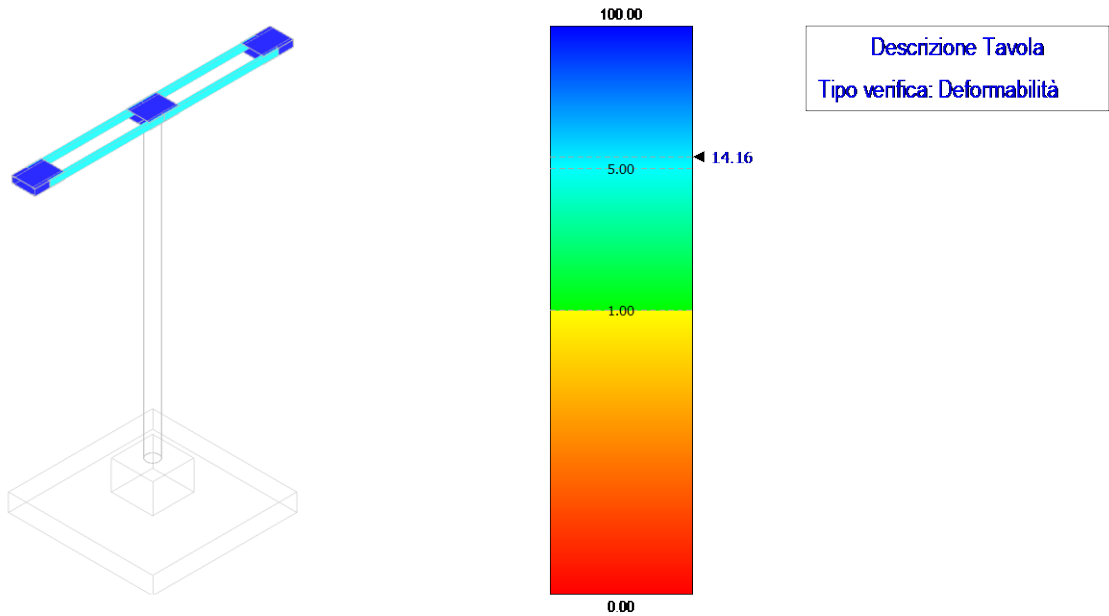


Figura 51 - verifica deformabilità – terminale cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

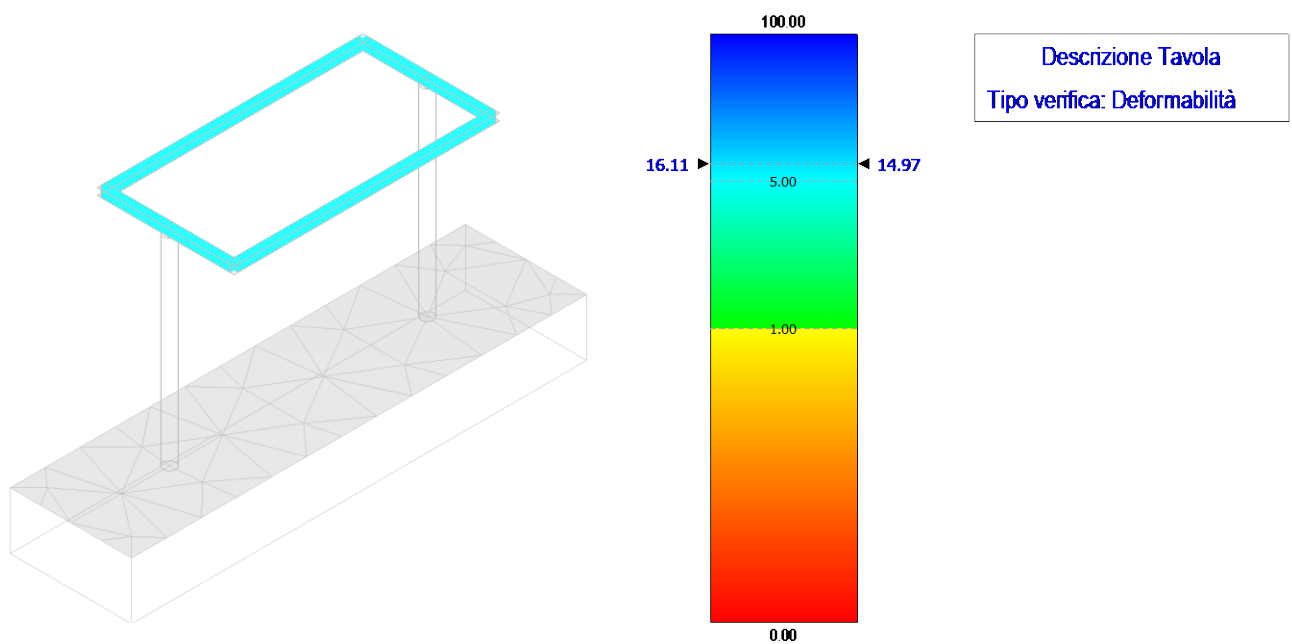
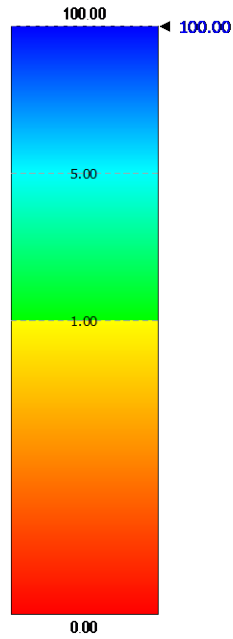
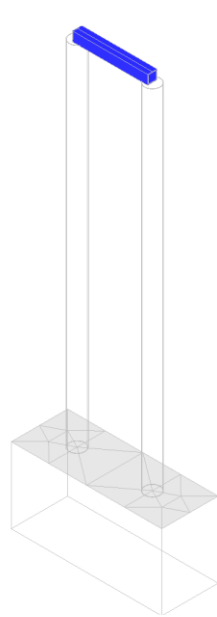


Figura 52 - verifica deformabilità – sezionatore



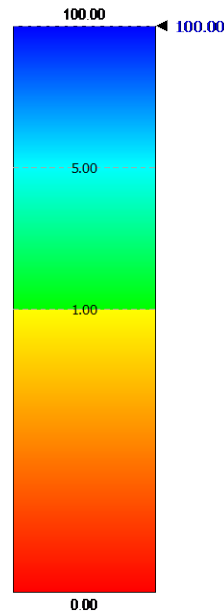
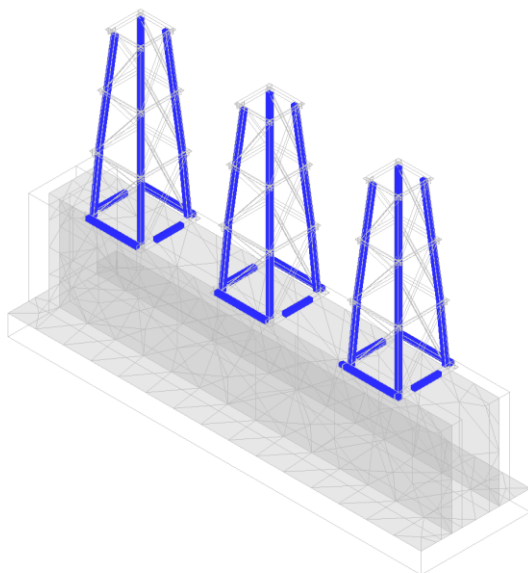
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Deformabilità

Figura 53 - verifica deformabilità – arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Deformabilità

Figura 54 - verifica deformabilità – arrivo cavi AT



## 10.2 Verifiche strutturali elementi in C.A.

La progettazione delle strutture è avvenuta in modo da soddisfare le verifiche richieste per gli SLU (statici e sismici) e per gli SLE (statici e sismici) mediante l'ausilio del codice di calcolo. Le verifiche condotte sulle sezioni sono sotto riportate:

### Verifiche SLU - SLV

- Flessione: in accordo con § 4.1.2.3.4.2 del D.M. 17/01/2018
- Verifica a taglio: in accordo con § 4.1.2.3.5 del D.M. 17/01/2018

Di seguito una rappresentazione grafica dei risultati maggiormente significativi:

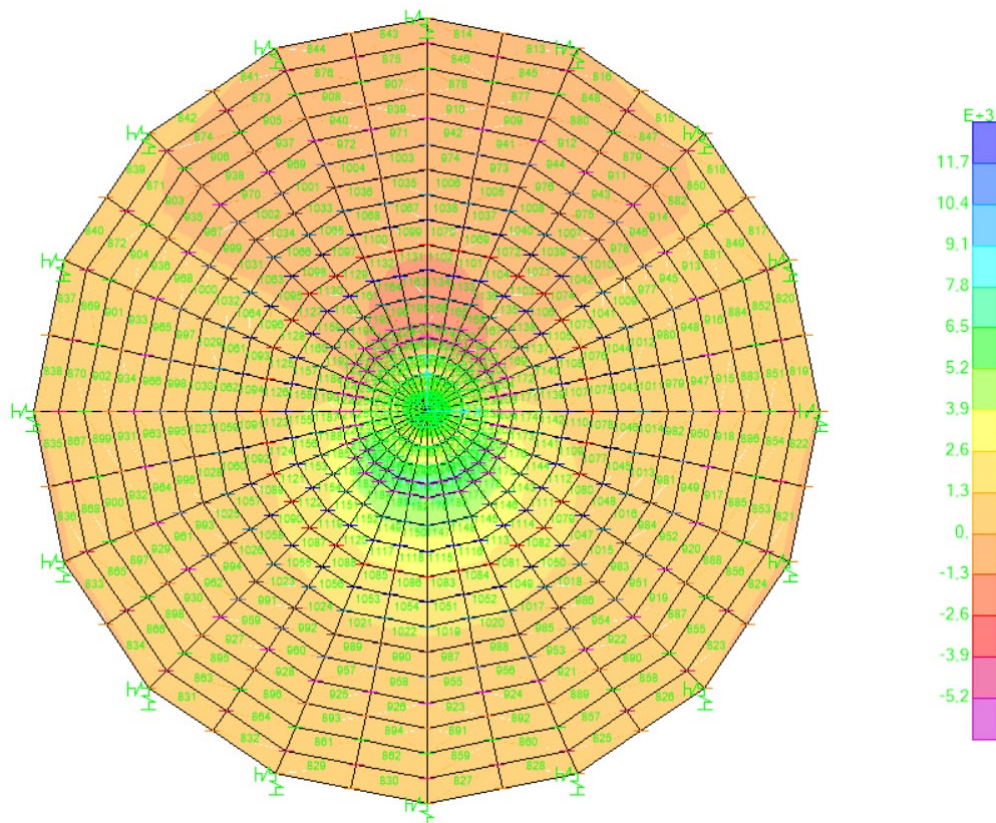
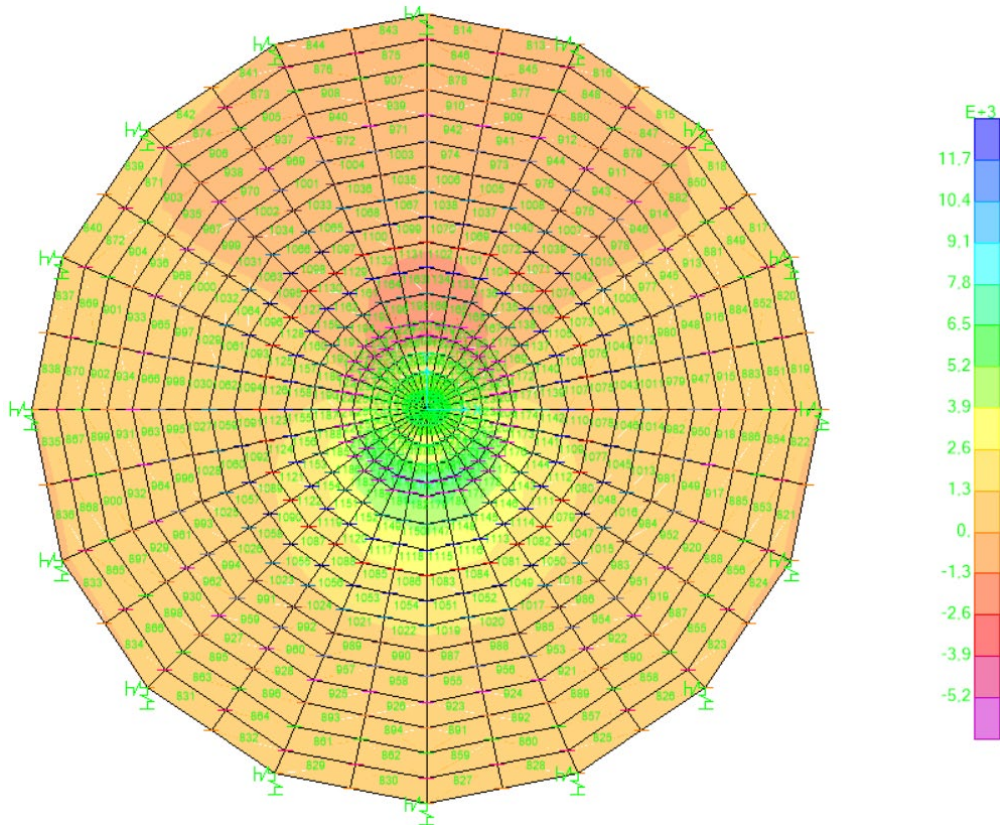
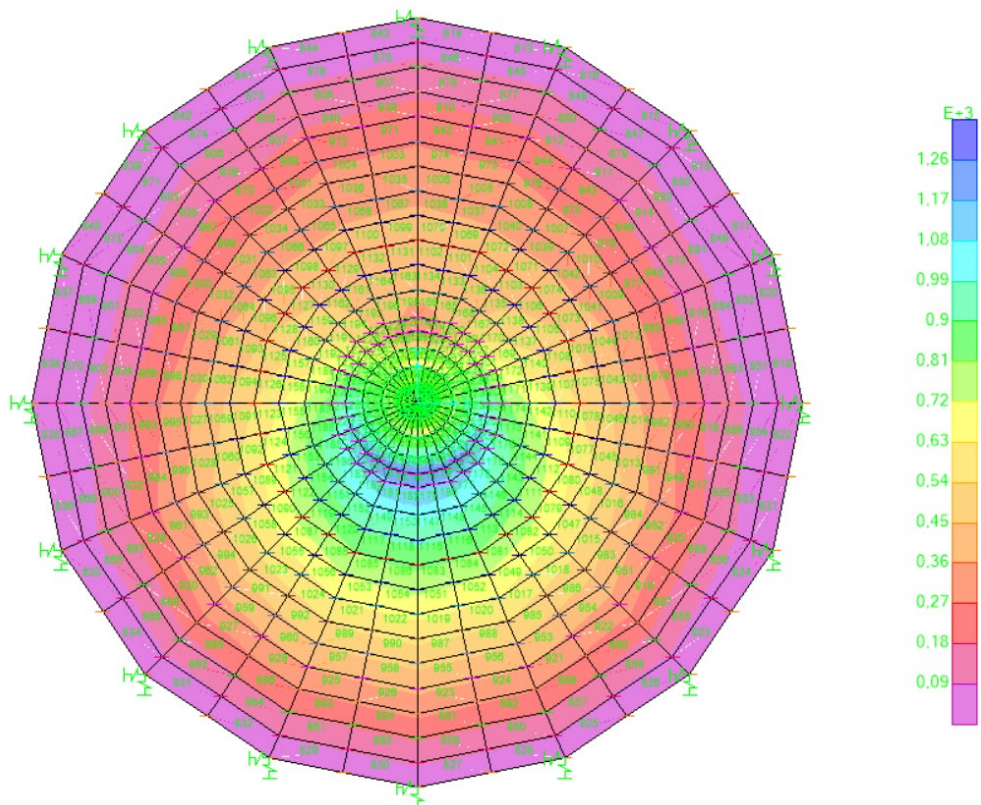


Figura 55 – sollecitazione – flessione M11 radiali


**Figura 56 – sollecitazione – flessione M22 anulari**

**Figura 57 – sollecitazione – taglio massimo**



### Coefficienti di Sicurezza

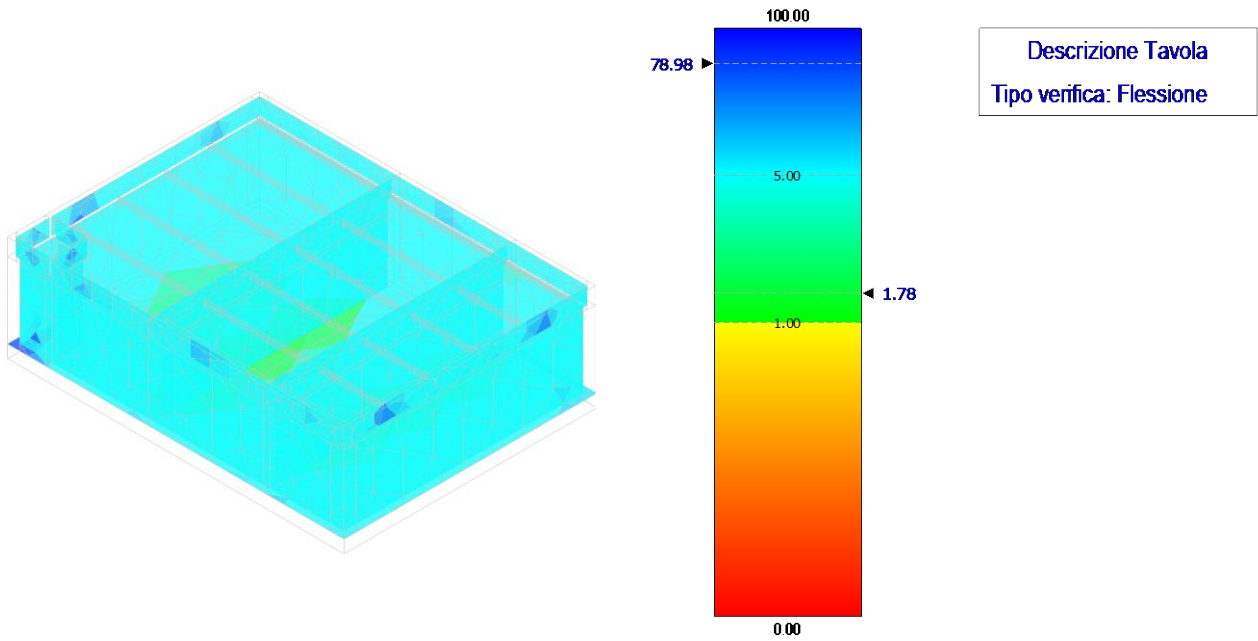


Figura 58 – verifica a flessione – fondazione trasformatore

### Coefficienti di Sicurezza

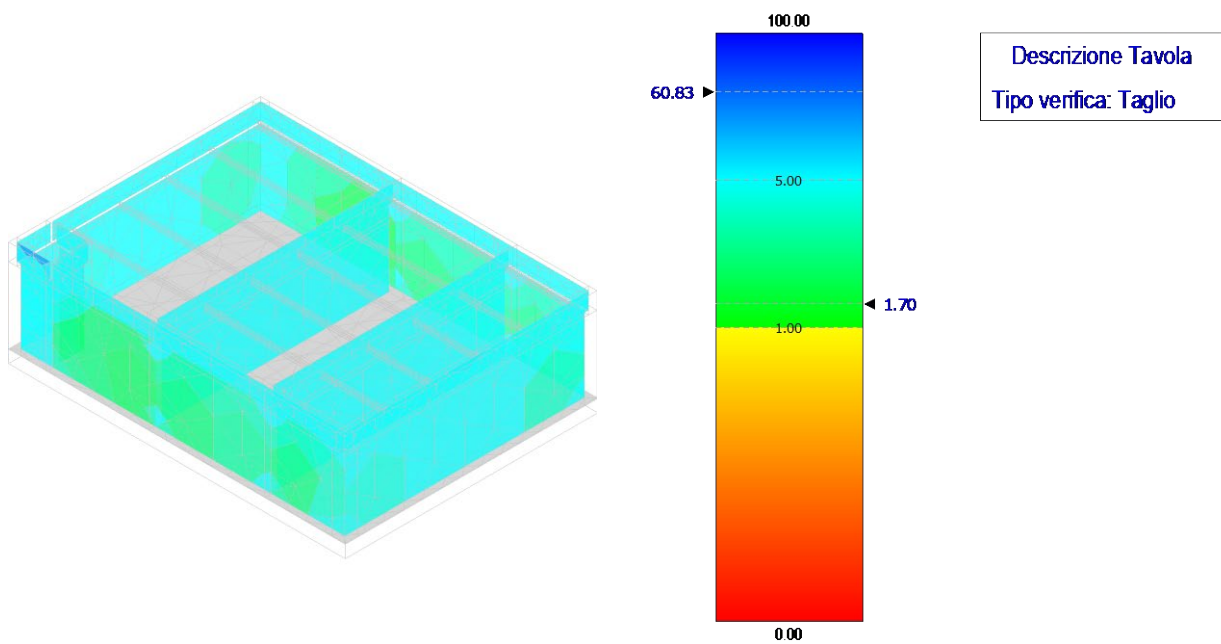


Figura 59 – verifica a taglio – fondazione trasformatore



 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	48 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

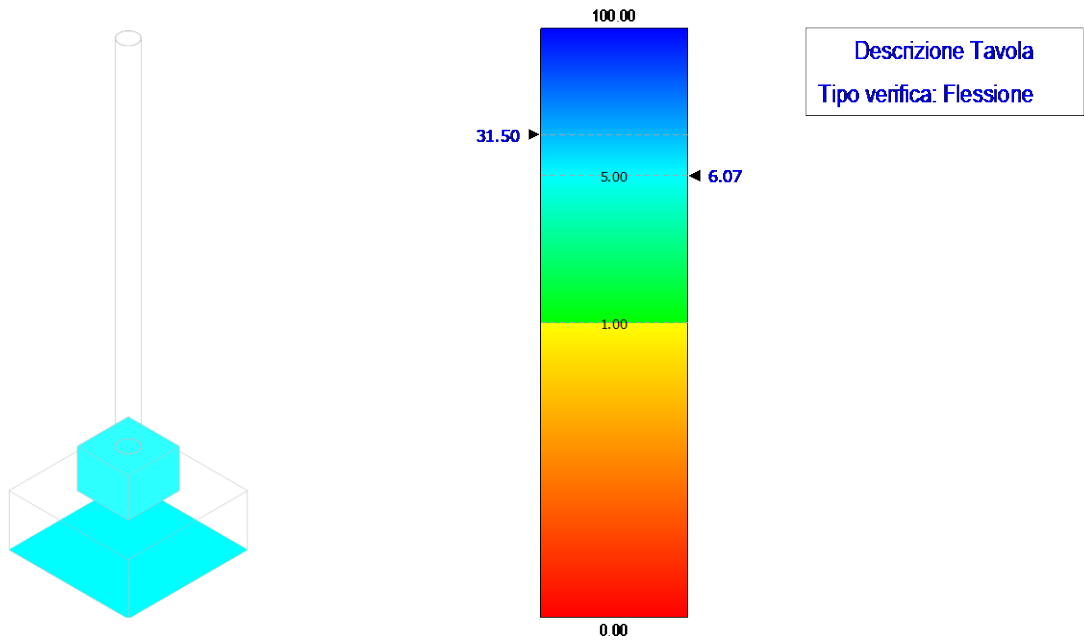


Figura 60 - verifica a flessione – fondazione scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

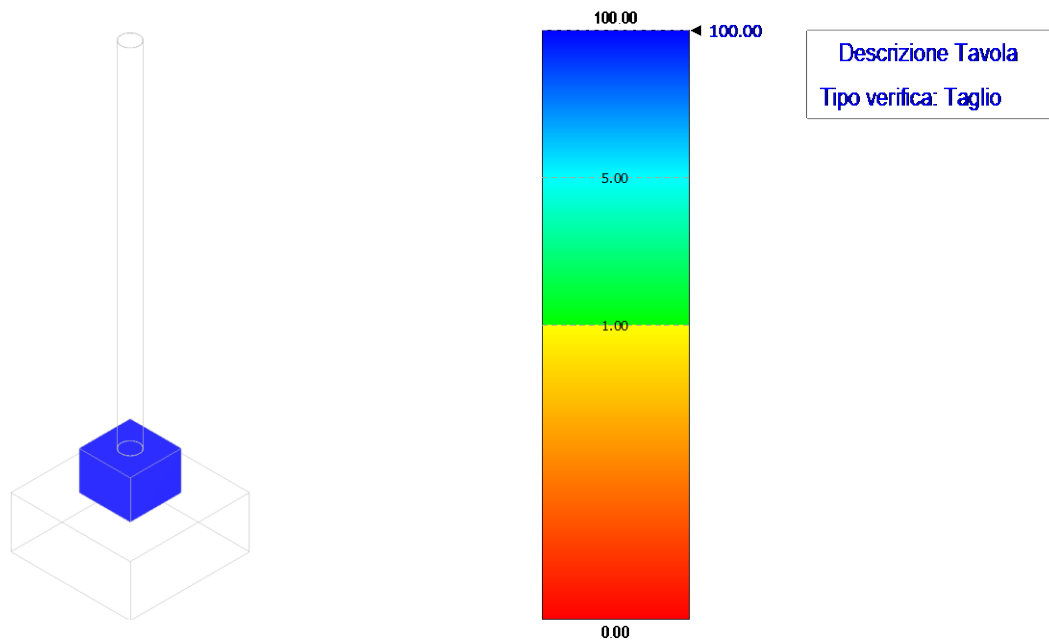


Figura 61 - verifica a taglio – fondazione scaricatore

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	49 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

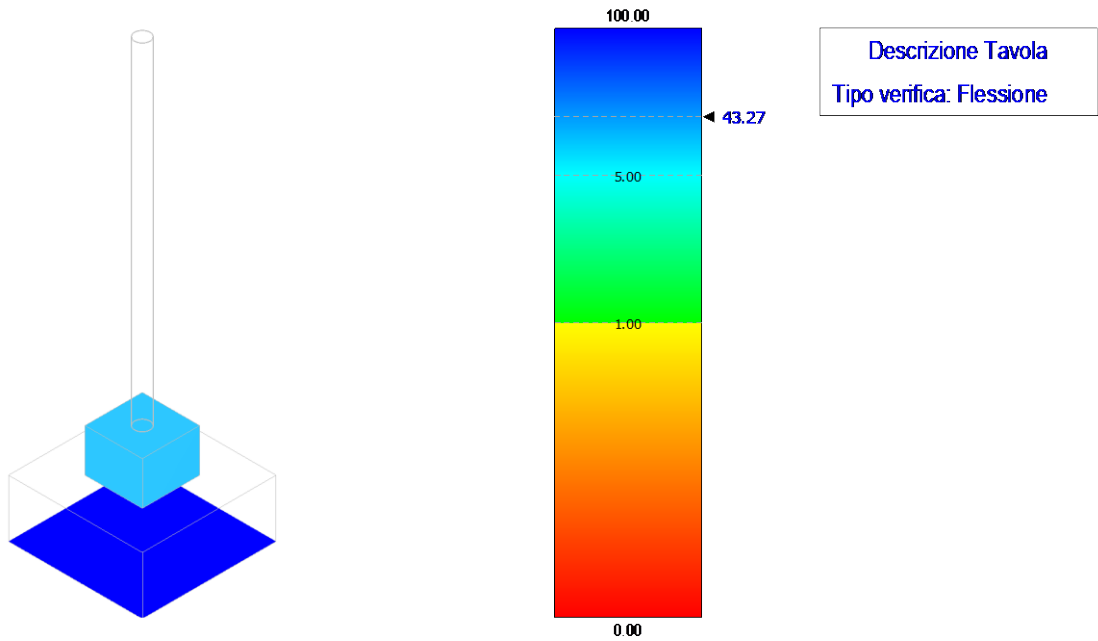


Figura 62 - verifica a flessione – fondazione TV

### Coefficienti di Sicurezza

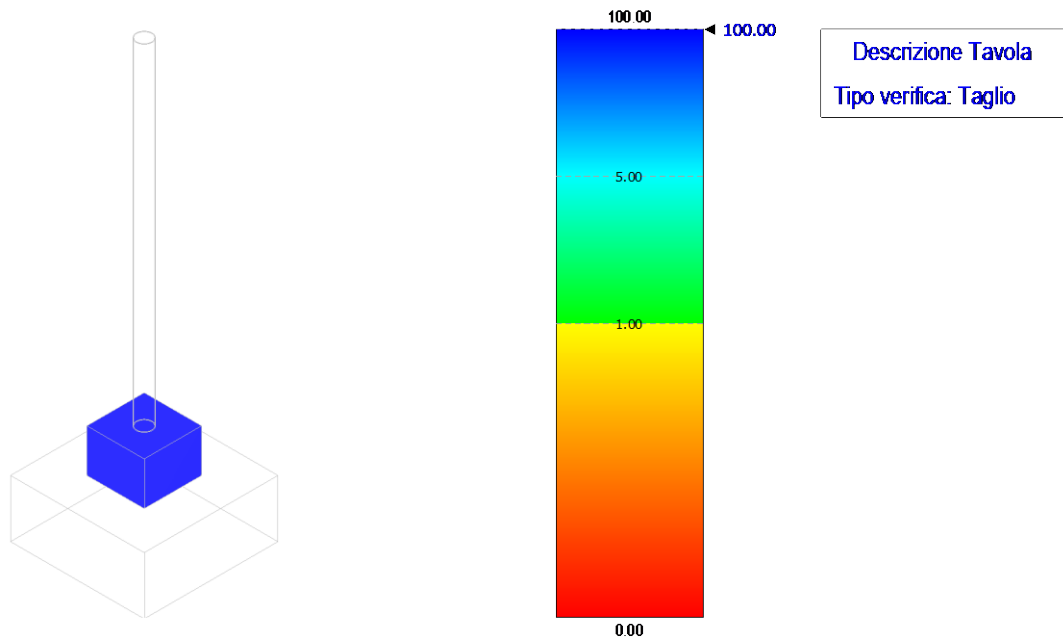


Figura 63 - verifica a taglio – fondazione TV

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	50 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

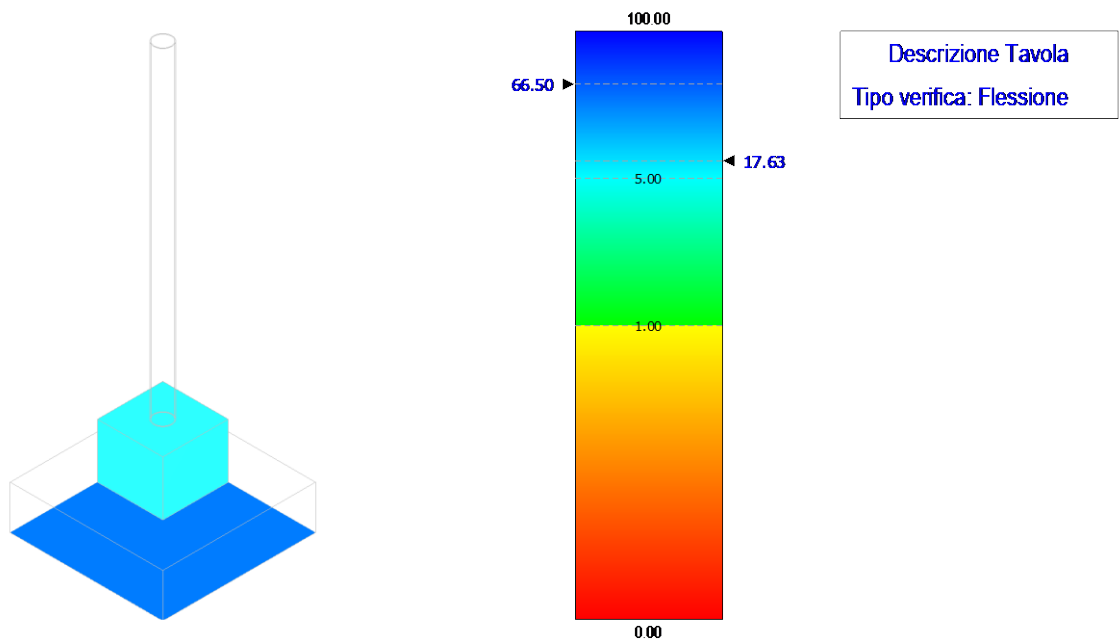


Figura 64 - verifica a flessione – fondazione TA

### Coefficienti di Sicurezza

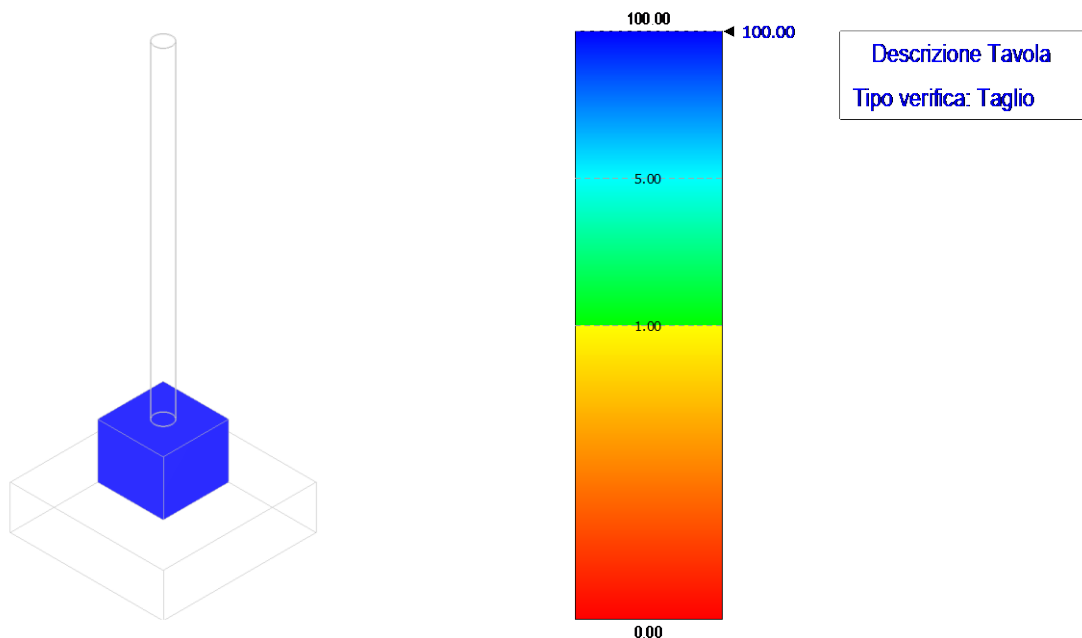


Figura 65 - verifica a taglio – fondazione TA

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	51 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

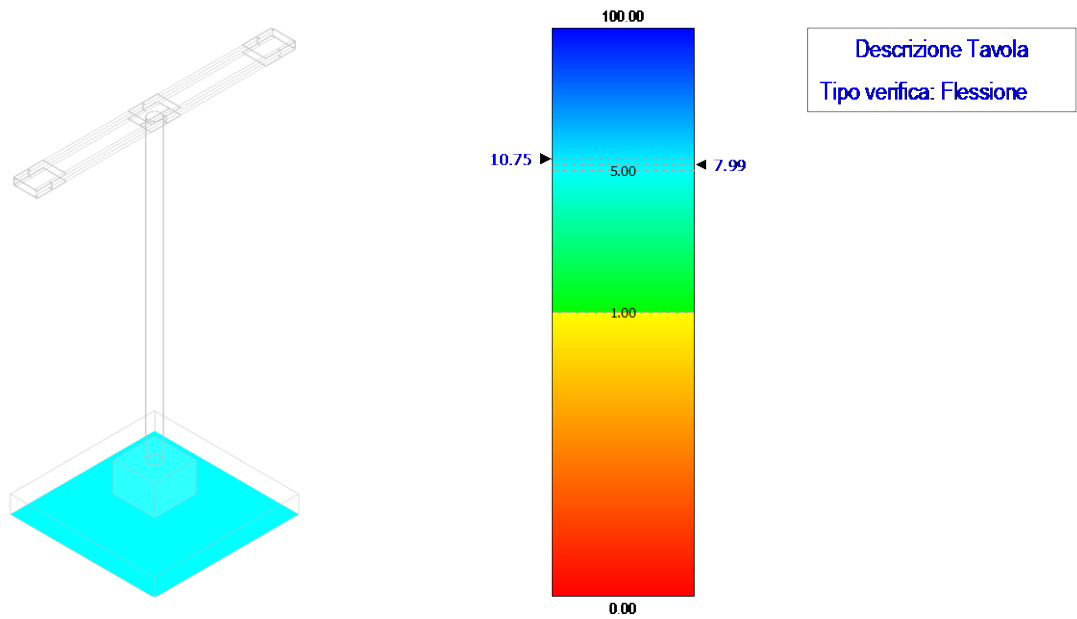


Figura 66 - verifica a flessione – fondazione arrivo cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza

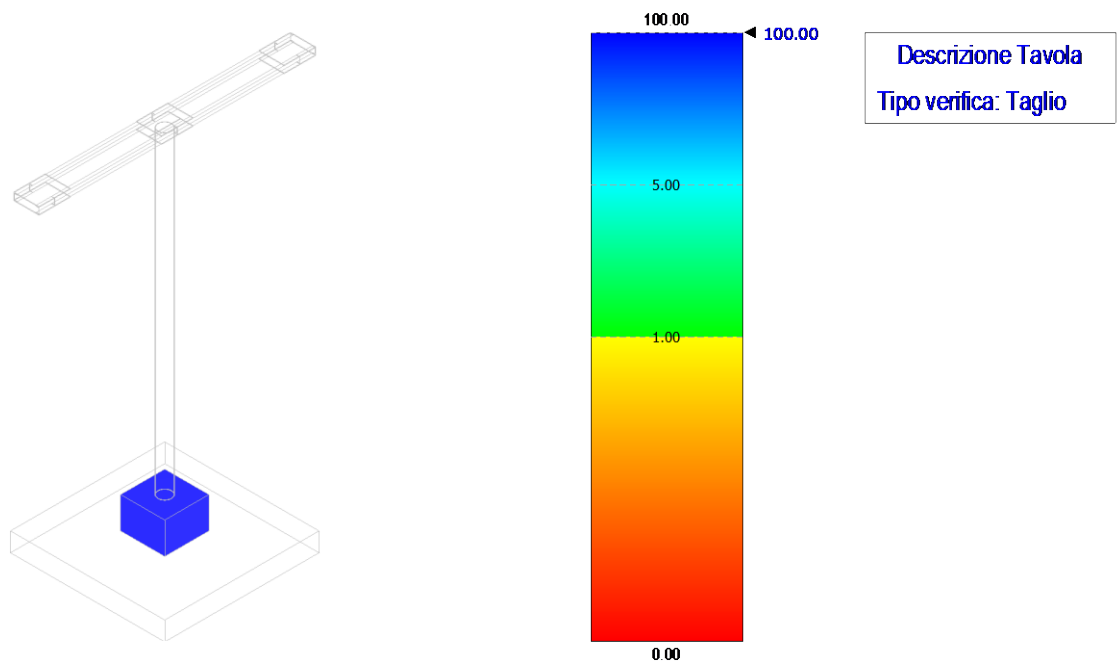


Figura 67 - verifica a taglio – fondazione arrivo cavo AT

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	52 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

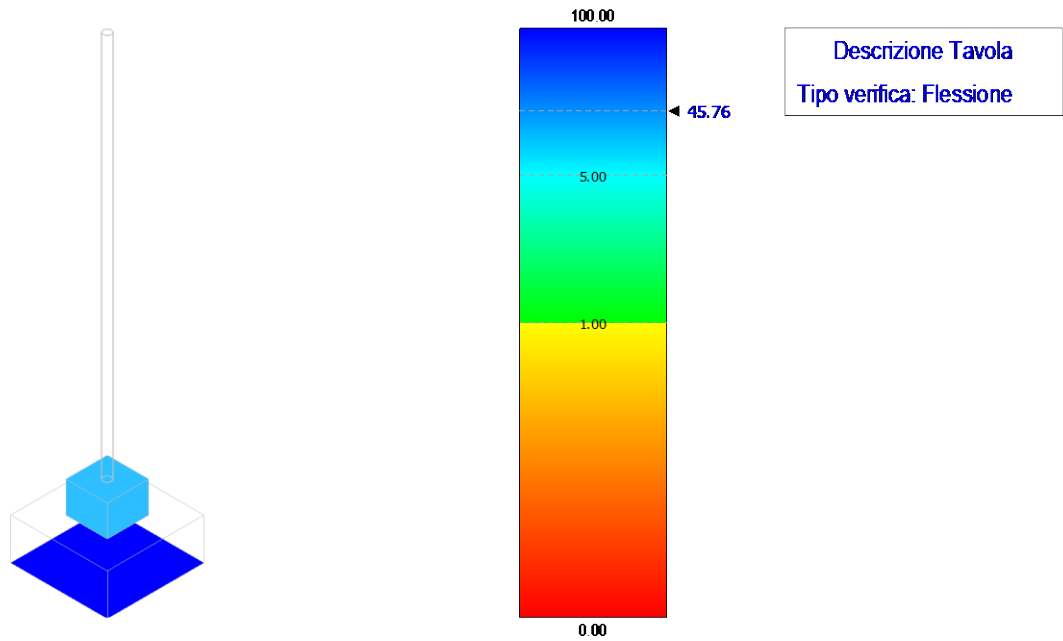


Figura 68 - verifica a flessione – fondazione M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

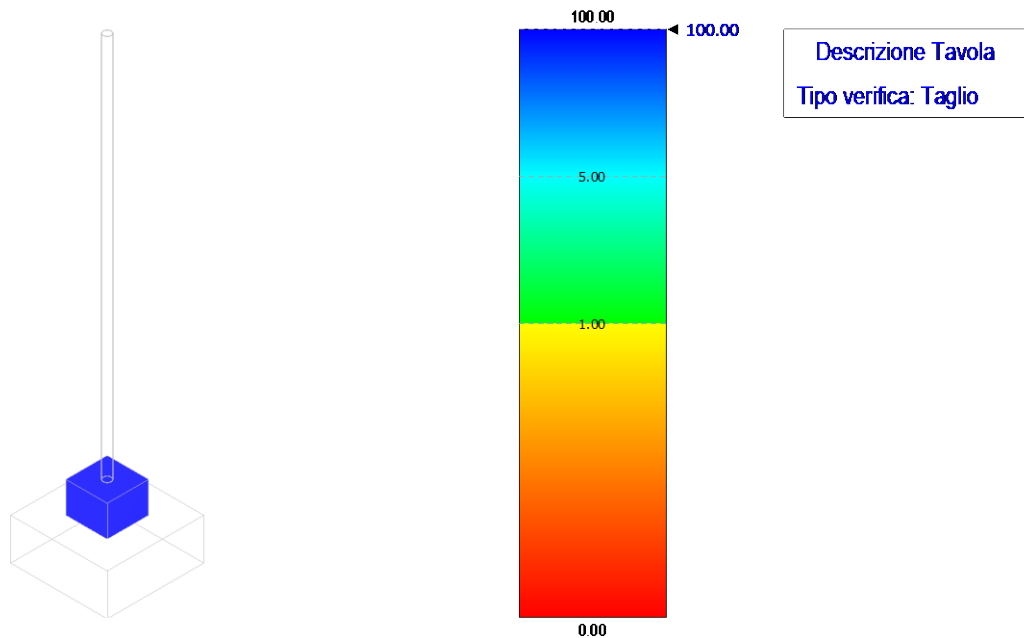


Figura 69 - verifica a taglio – fondazione M.A.T. neutro

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	53 di 75

### Coefficienti di Sicurezza

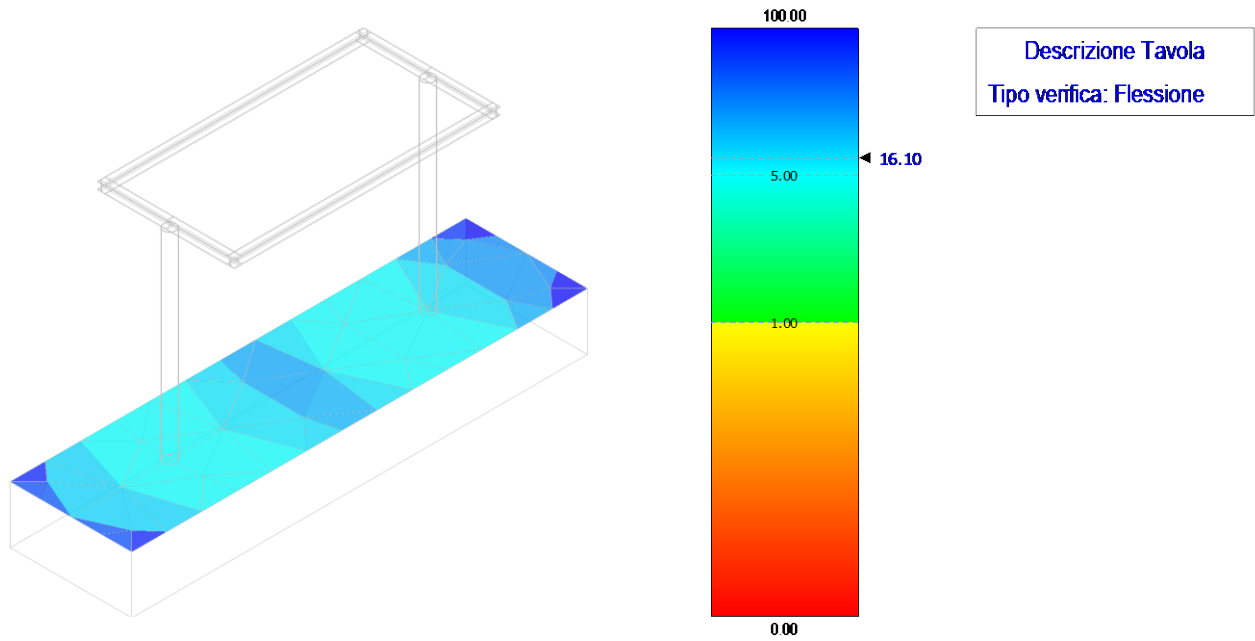


Figura 70 - verifica a flessione – fondazione sezionatore

### Coefficienti di Sicurezza

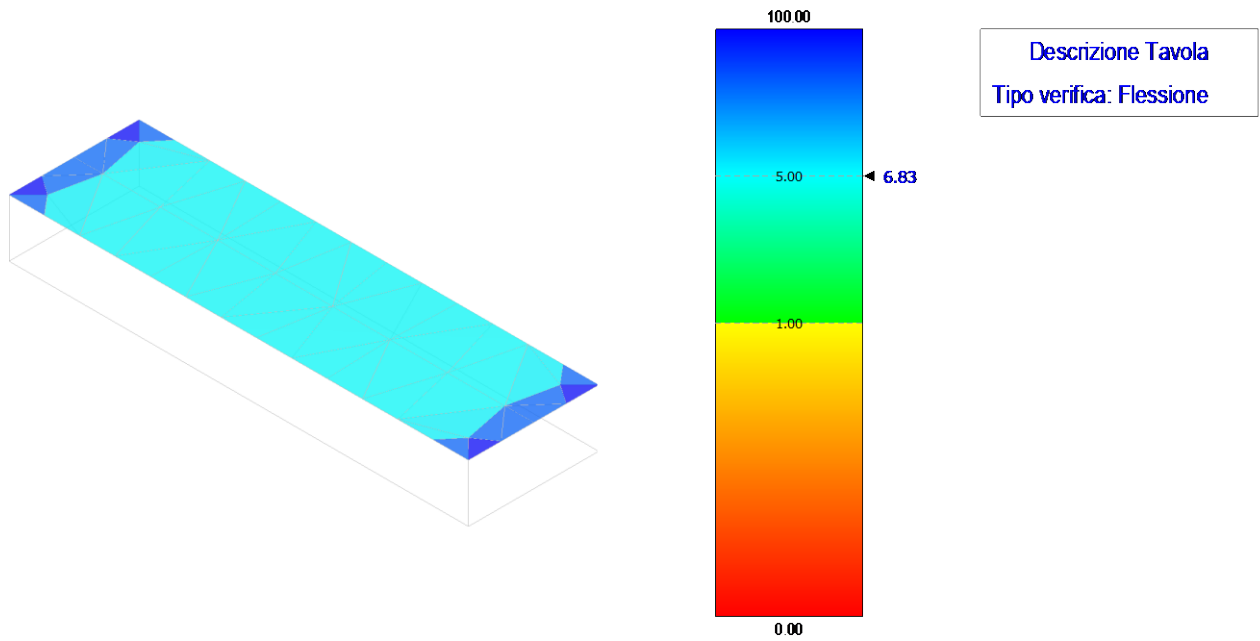


Figura 71 - verifica a flessione – fondazione interruttore

### Coefficienti di Sicurezza

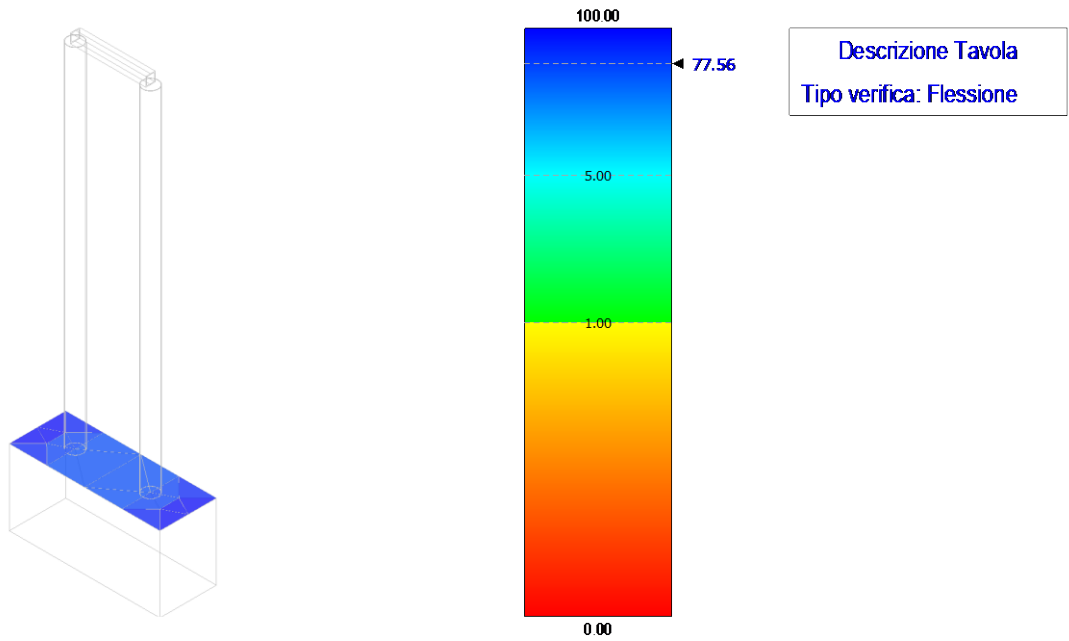


Figura 72 - verifica a flessione – fondazione arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

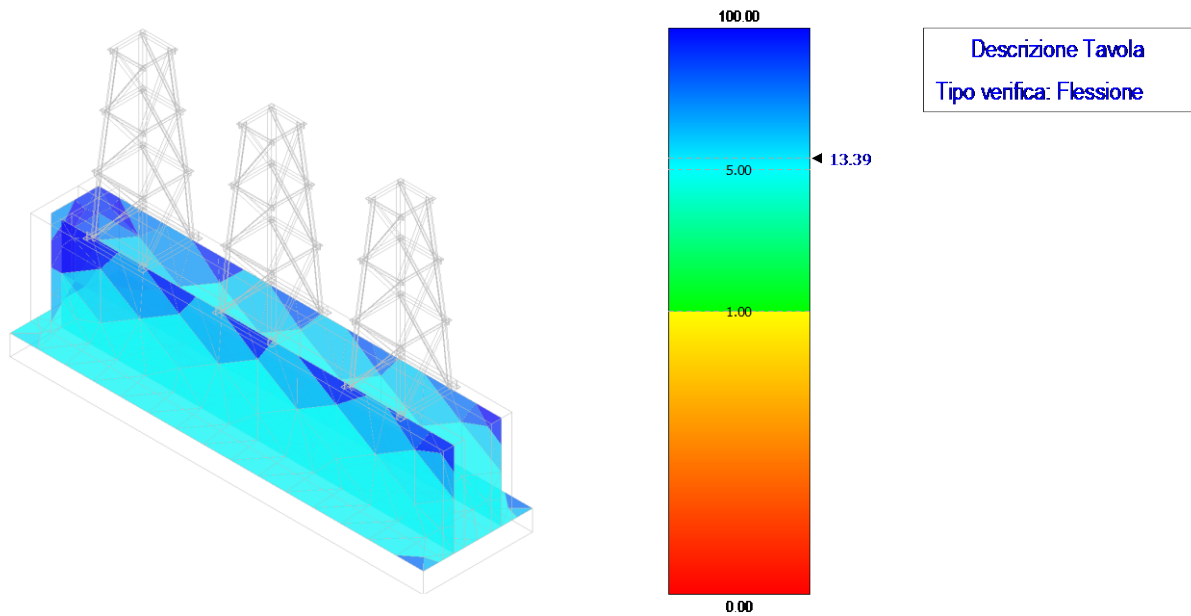


Figura 73 - verifica a flessione – fondazione arrivo cavi AT

### Coefficienti di Sicurezza

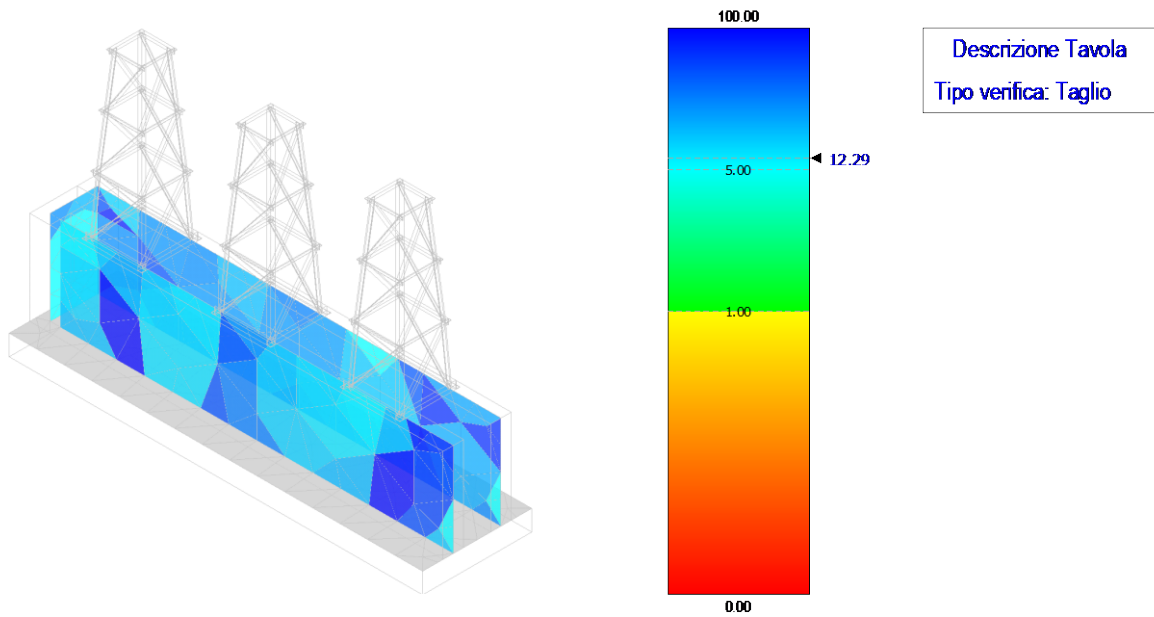


Figura 74 - verifica a taglio – fondazione arrivo cavi AT

### Coefficienti di Sicurezza

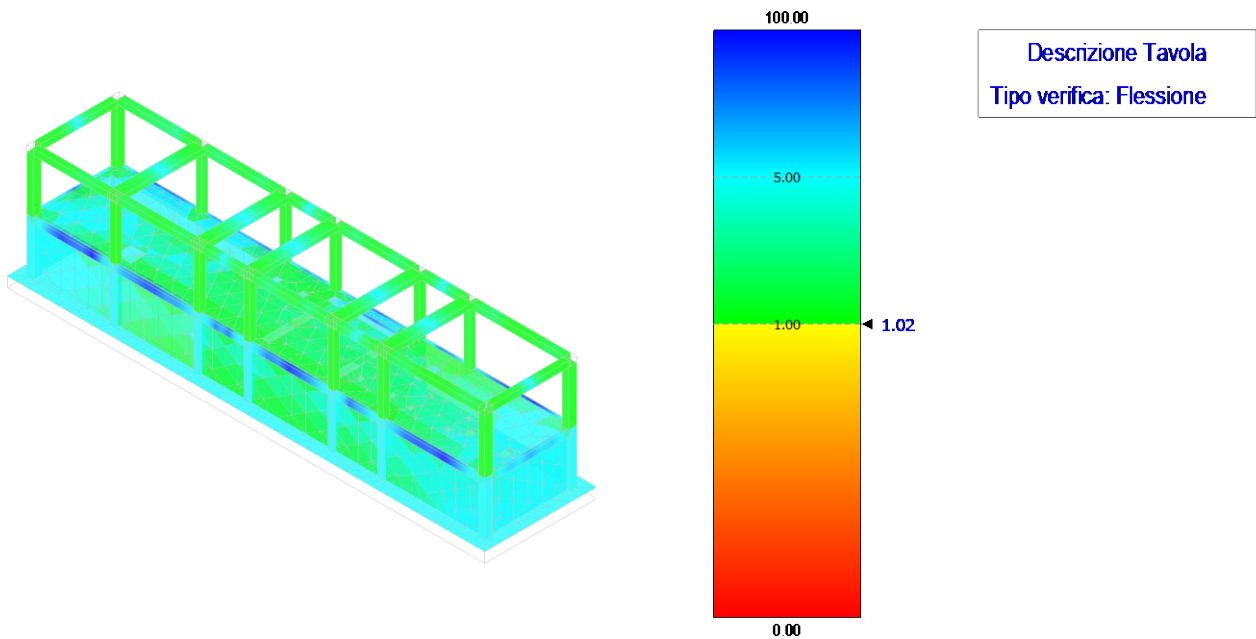


Figura 75 - verifica a flessione – edificio





### Coefficienti di Sicurezza

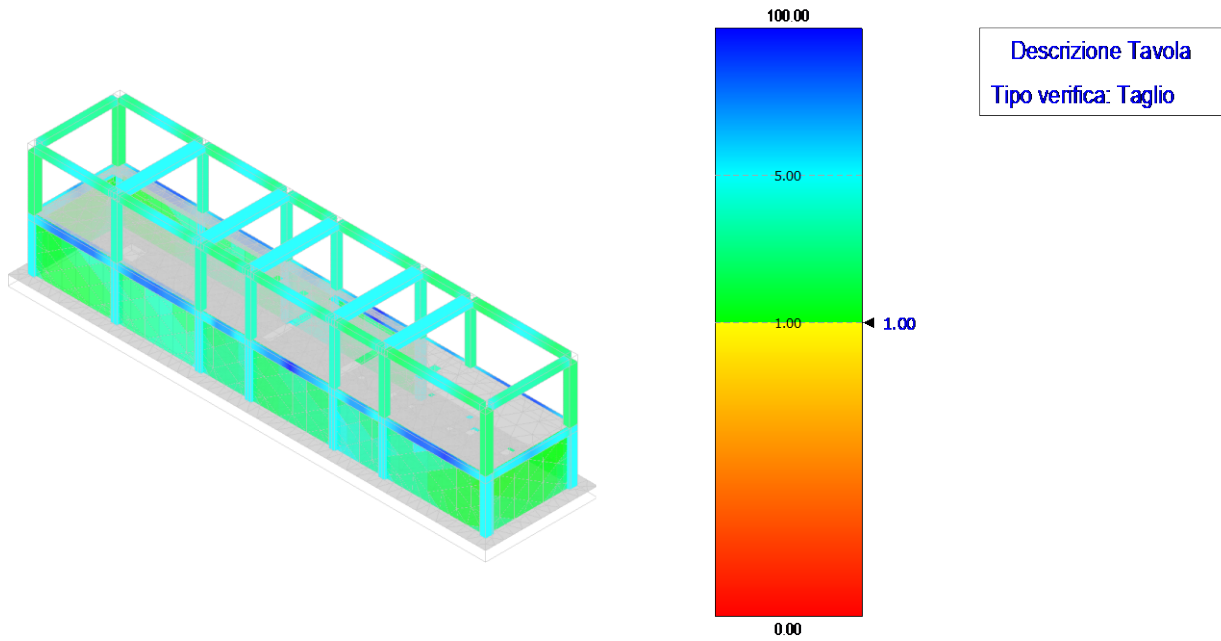


Figura 76 - verifica a taglio – edificio

### Verifiche SLE - SLD

- Fessurazione: in accordo con §4.1.2.2.4 del D.M. 17/01/2018
- Limitazione delle tensioni: in accordo con §4.1.2.2.5 del D.M. 17/01/2018

### Coefficienti di Sicurezza

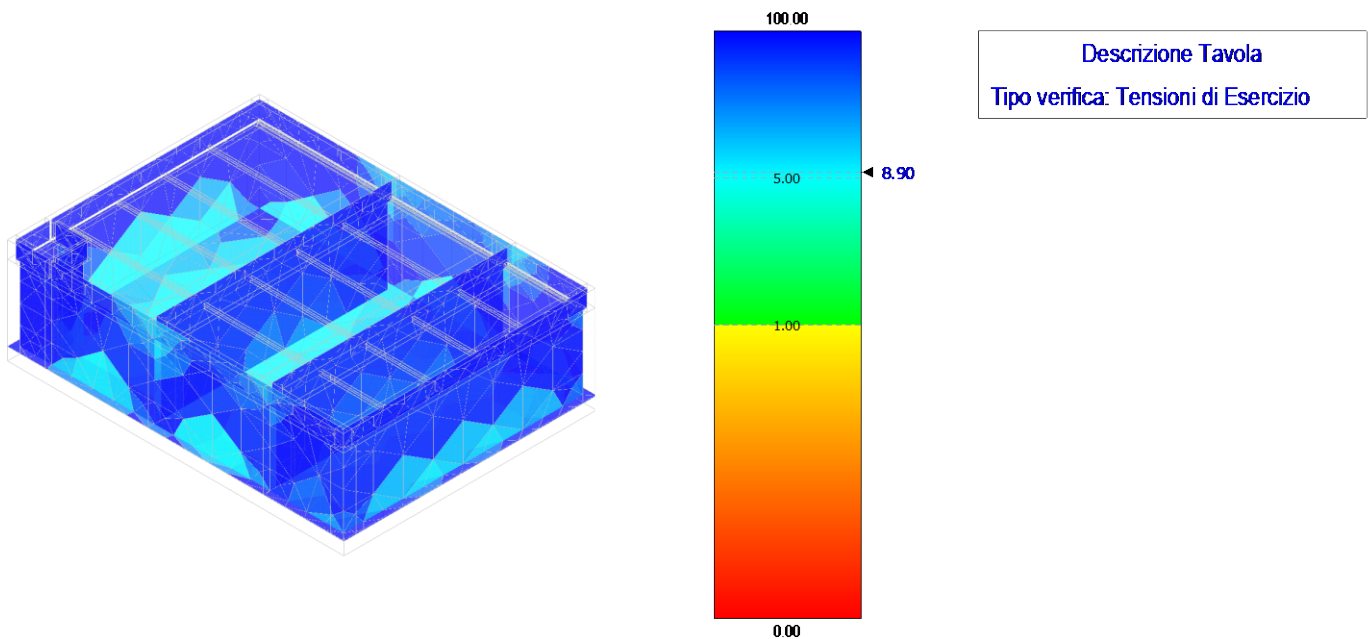


Figura 77 – tensioni di esercizio – fondazione trasformatore



### Coefficienti di Sicurezza

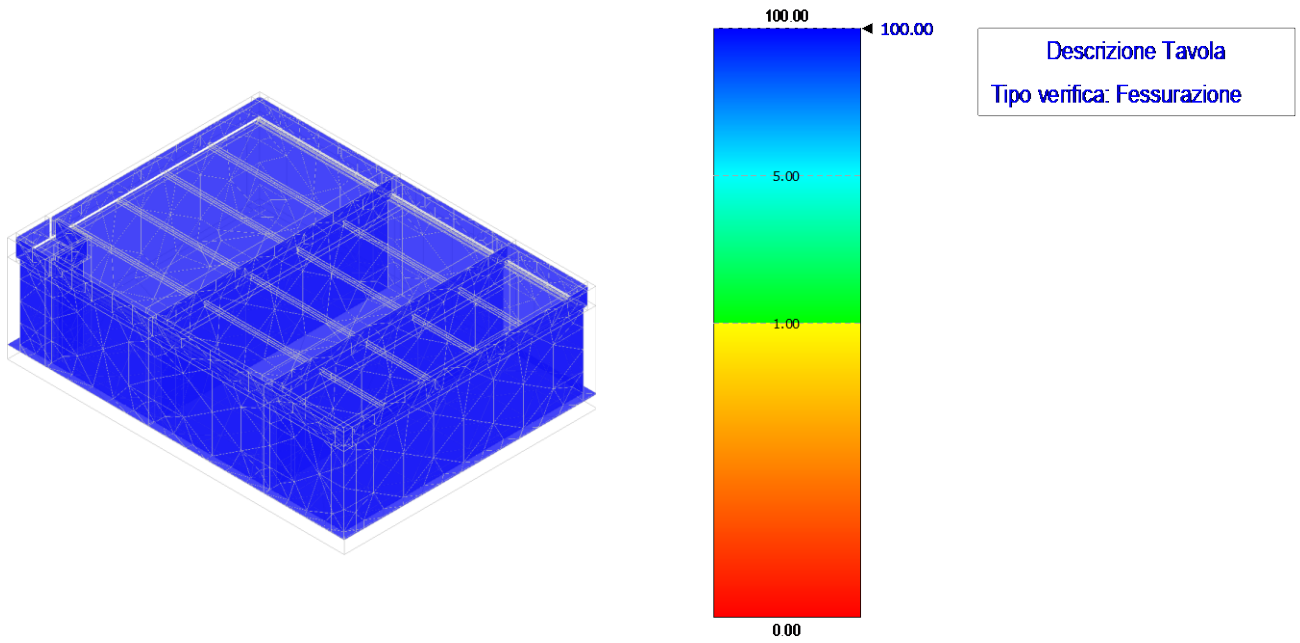


Figura 78 – verifica a fessurazione – fondazione trasformatore

### Coefficienti di Sicurezza

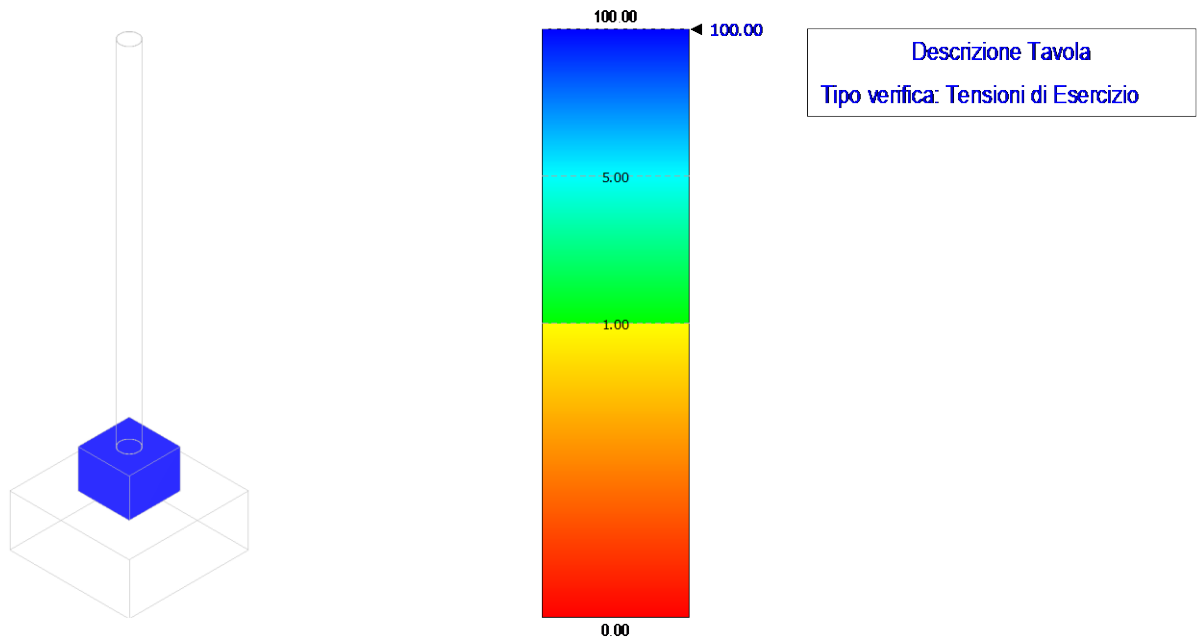


Figura 79 – tensioni di esercizio – fondazione scaricatore



### Coefficienti di Sicurezza

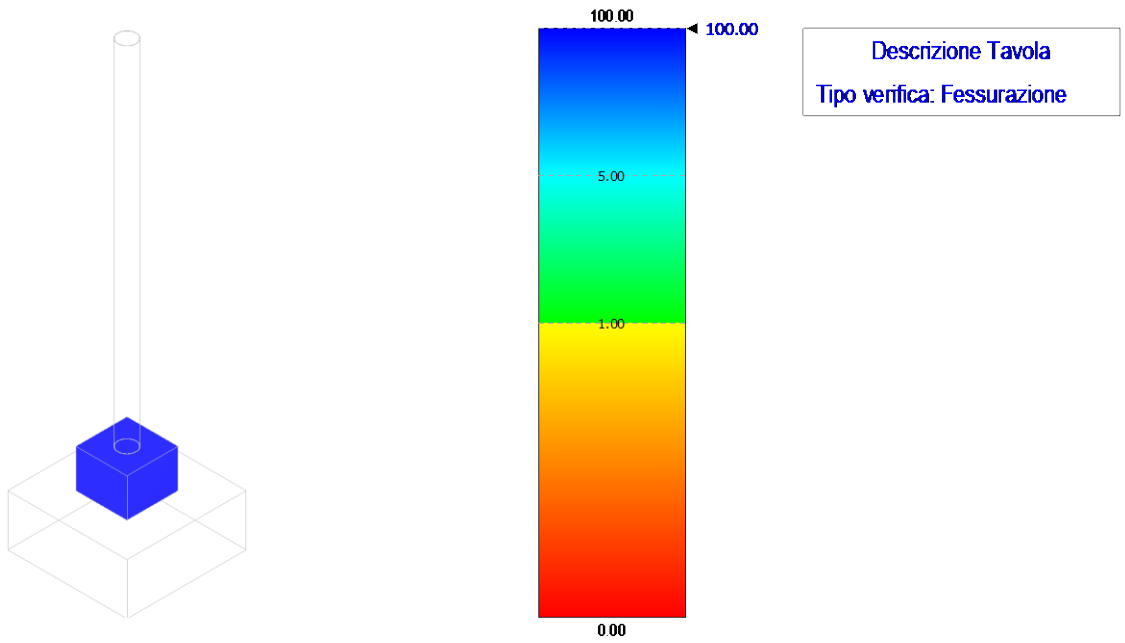


Figura 80 – verifica a fessurazione – fondazione scaricatore

### Coefficienti di Sicurezza

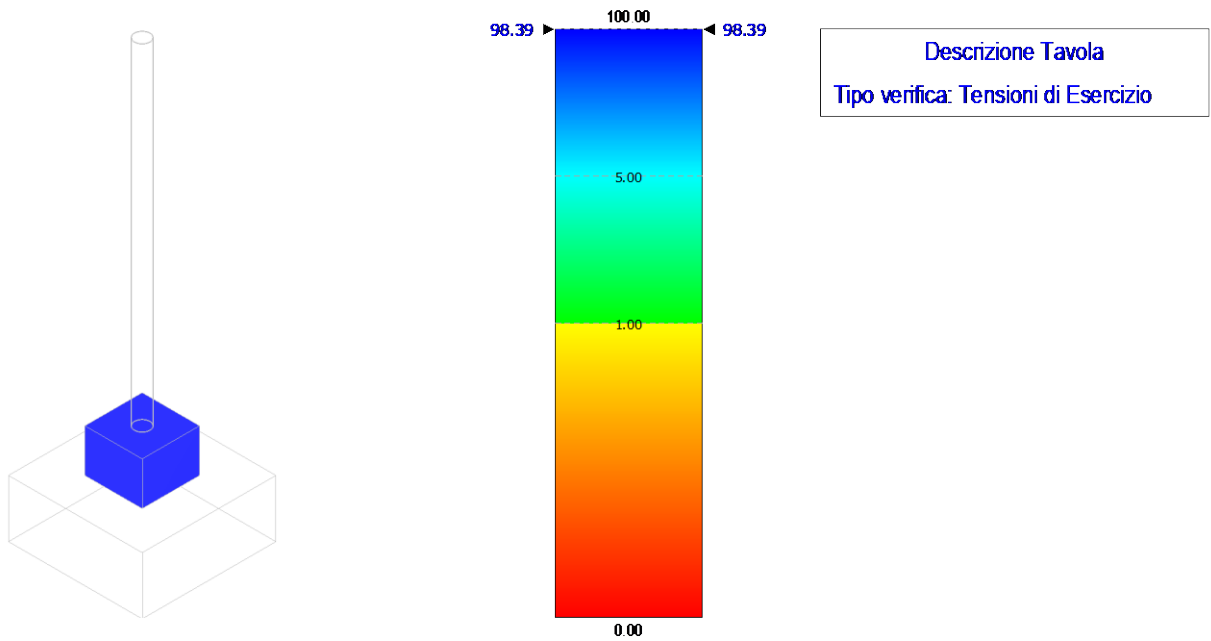


Figura 81 – tensioni di esercizio – fondazione TV



### Coefficienti di Sicurezza

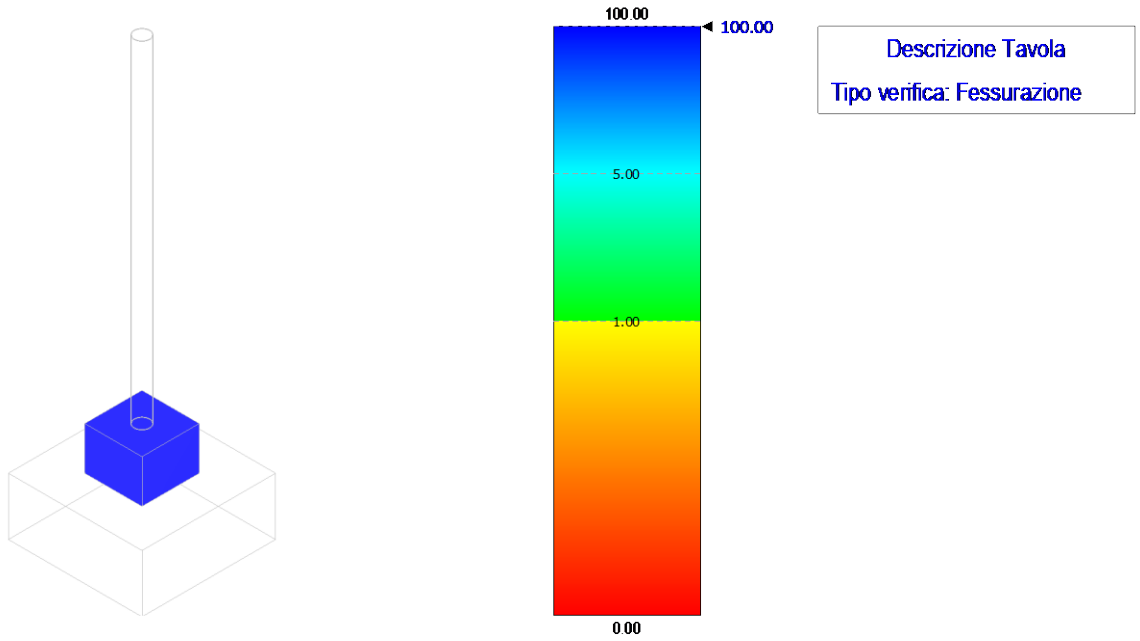


Figura 82 – verifica a fessurazione – fondazione TV

### Coefficienti di Sicurezza

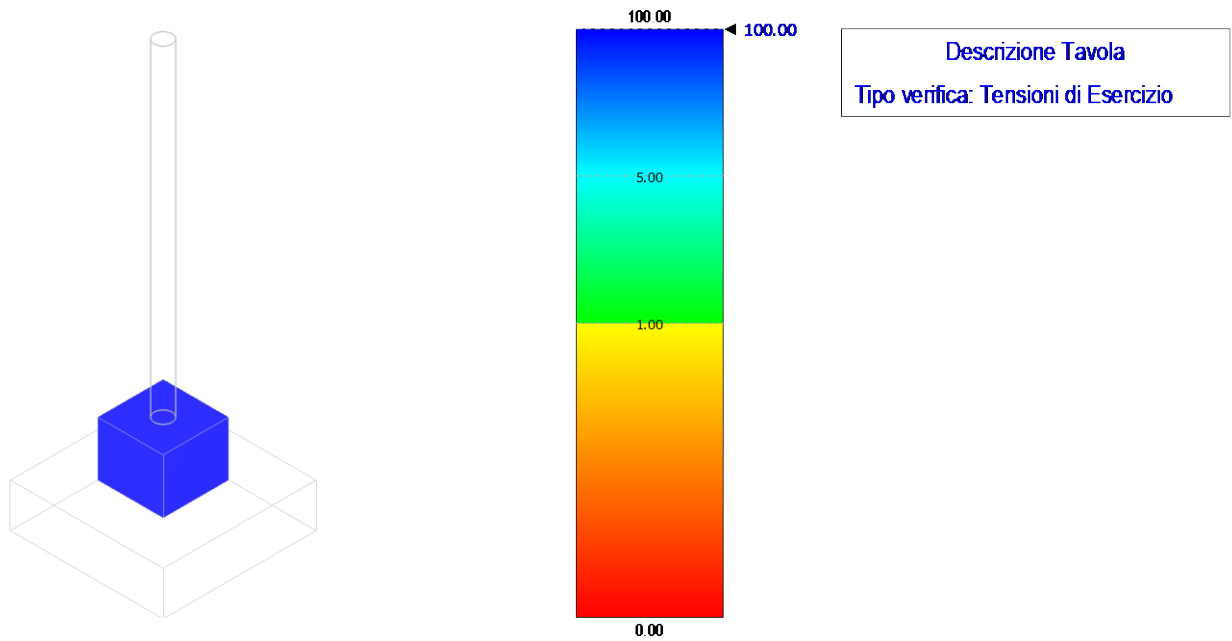


Figura 83 – tensioni di esercizio – fondazione TA



### Coefficienti di Sicurezza

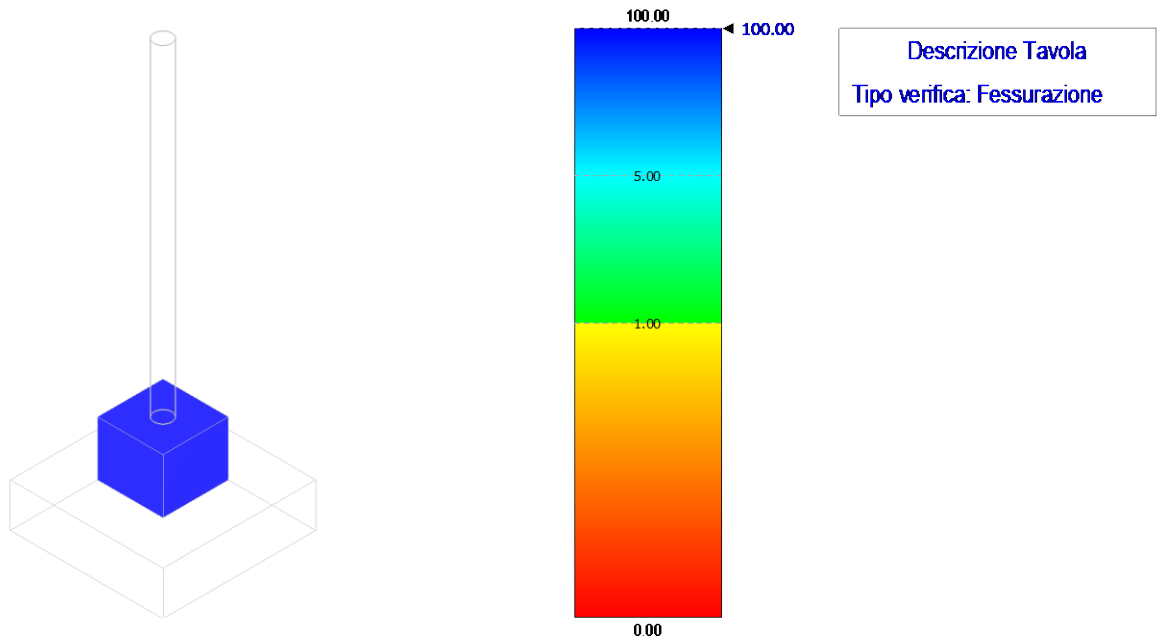


Figura 84 – verifica a fessurazione – fondazione TA

### Coefficienti di Sicurezza

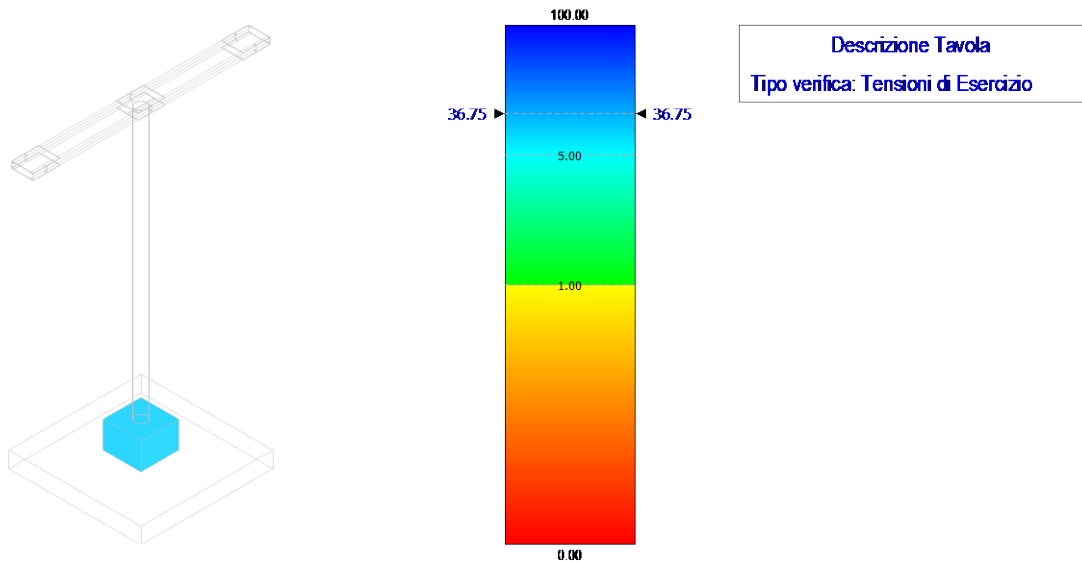
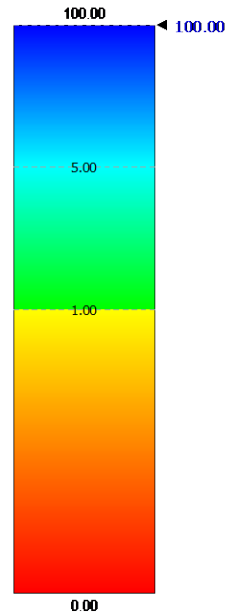
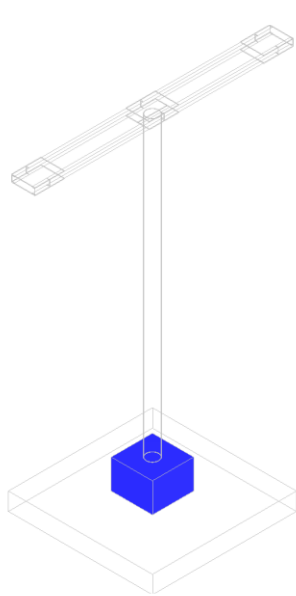


Figura 85 – tensioni di esercizio – fondazione arrivo cavo AT



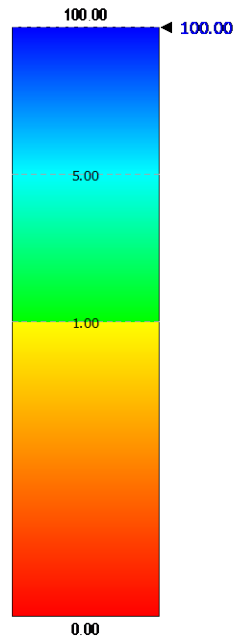
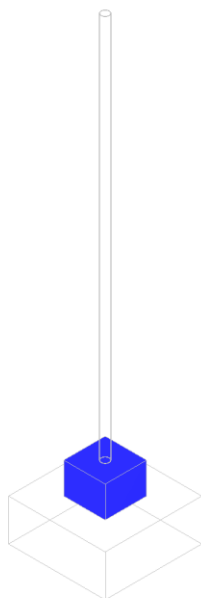
### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Fessurazione

Figura 86 – verifica a fessurazione – fondazione arrivo cavo AT

### Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Tensioni di Esercizio

Figura 87 – tensioni di esercizio – fondazione M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

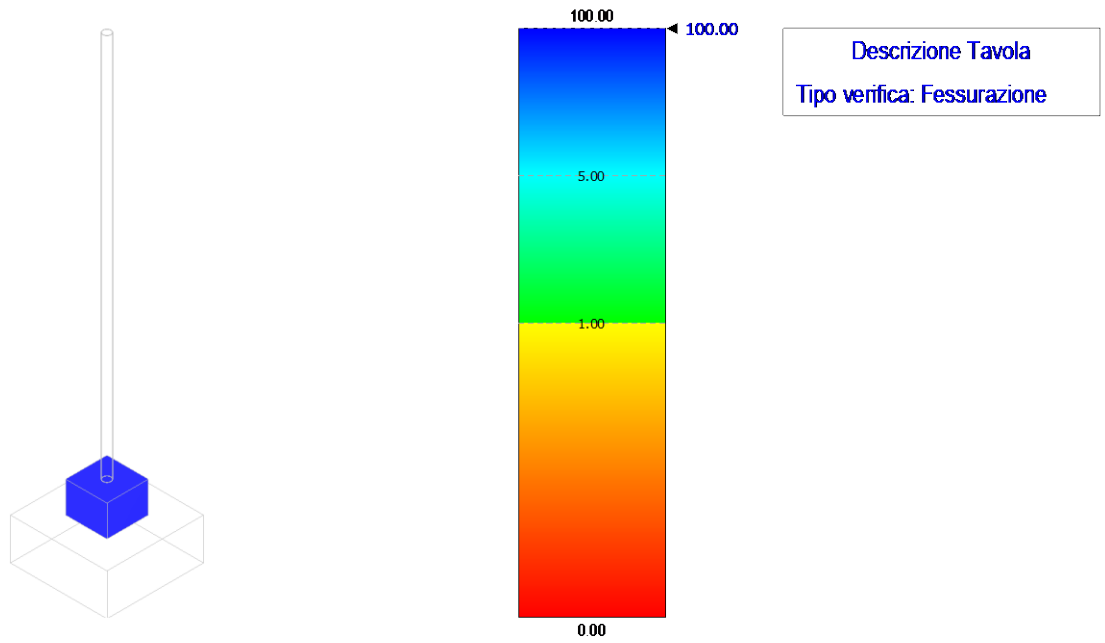


Figura 88 – verifica a fessurazione – fondazione M.A.T. neutro

### Coefficienti di Sicurezza

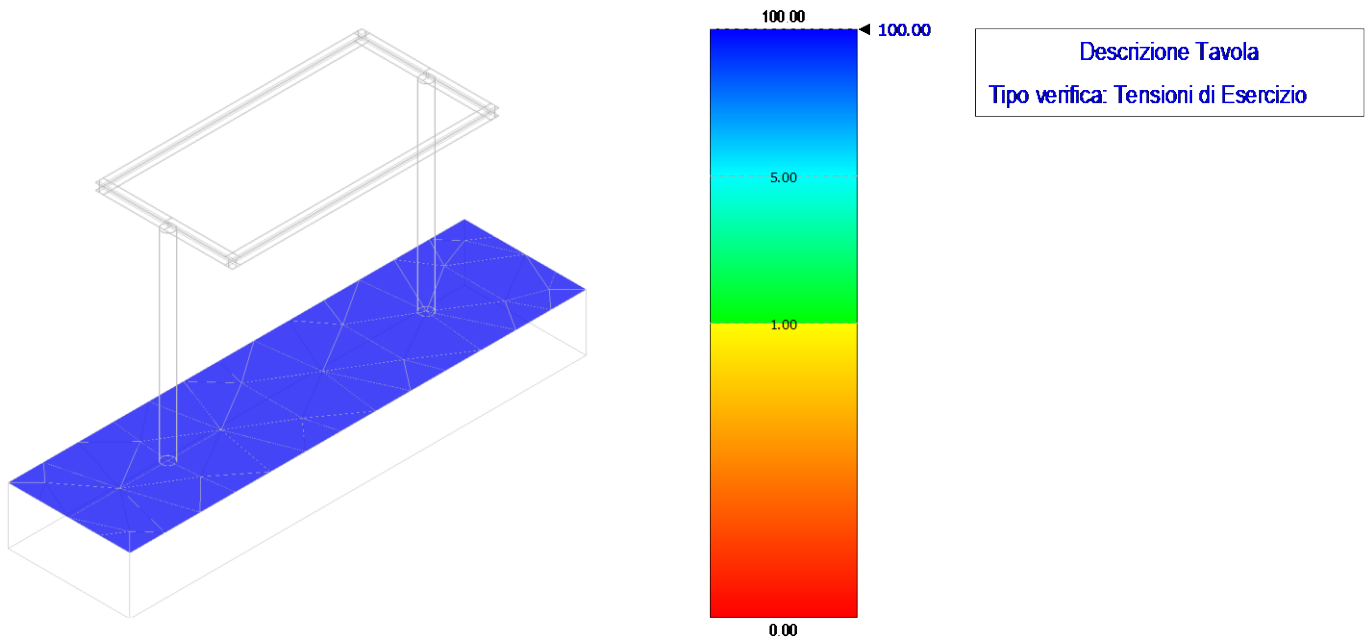


Figura 89 – tensioni di esercizio – fondazione sezionatore



### Coefficienti di Sicurezza

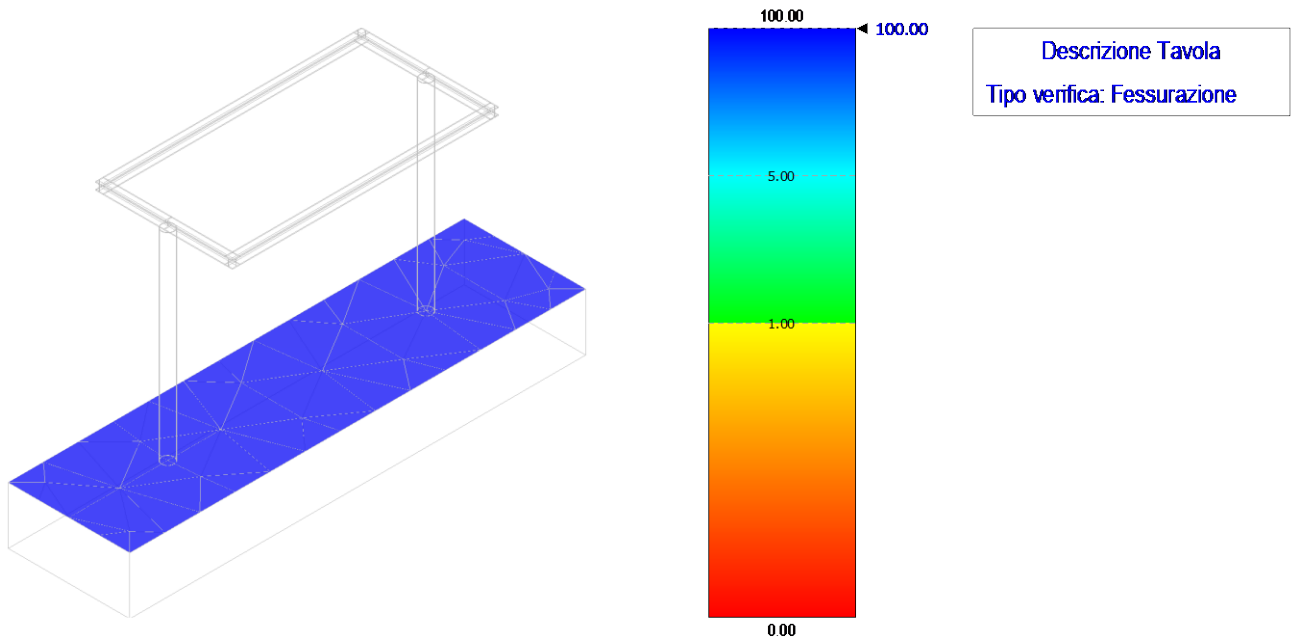


Figura 90 – verifica a fessurazione – fondazione sezionatore

### Coefficienti di Sicurezza

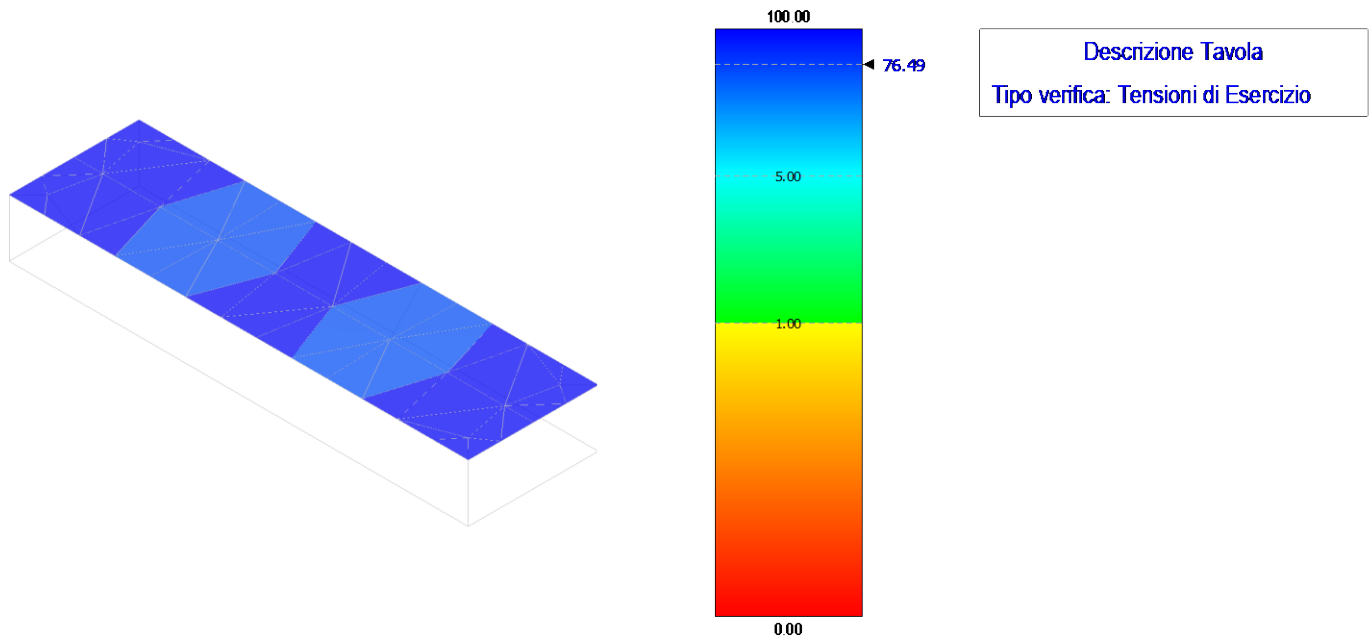


Figura 91 – tensioni di esercizio – fondazione interruttore





### Coefficienti di Sicurezza

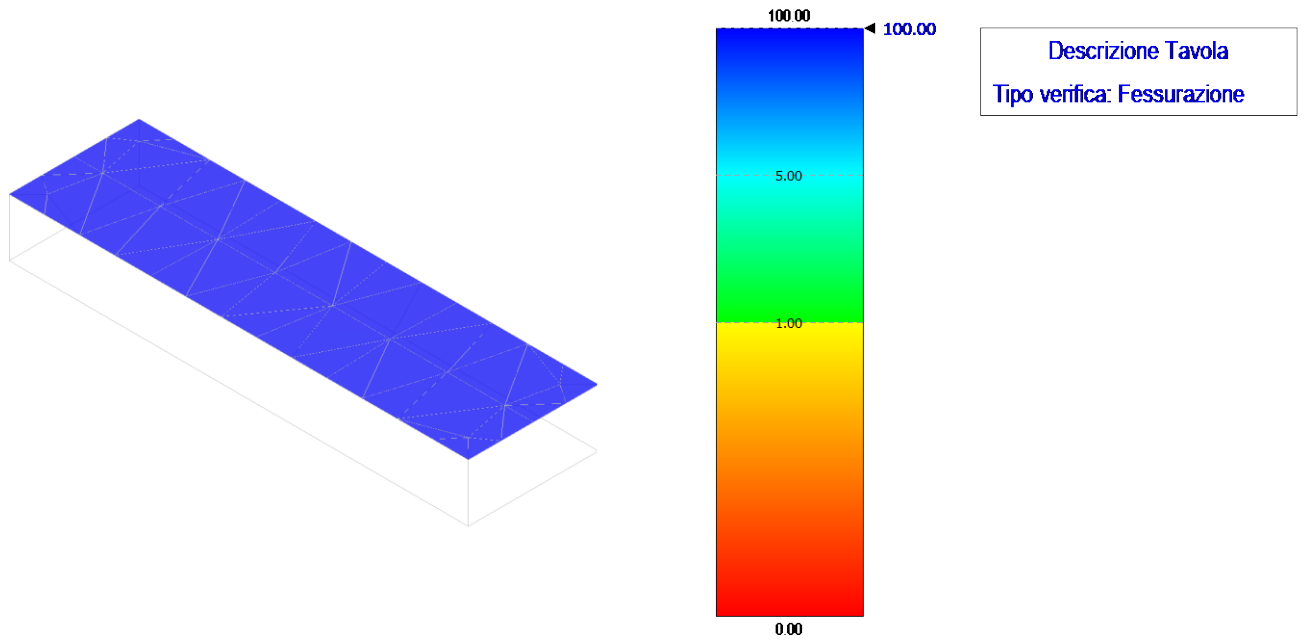


Figura 92 – verifica a fessurazione – fondazione interruttore

### Coefficienti di Sicurezza

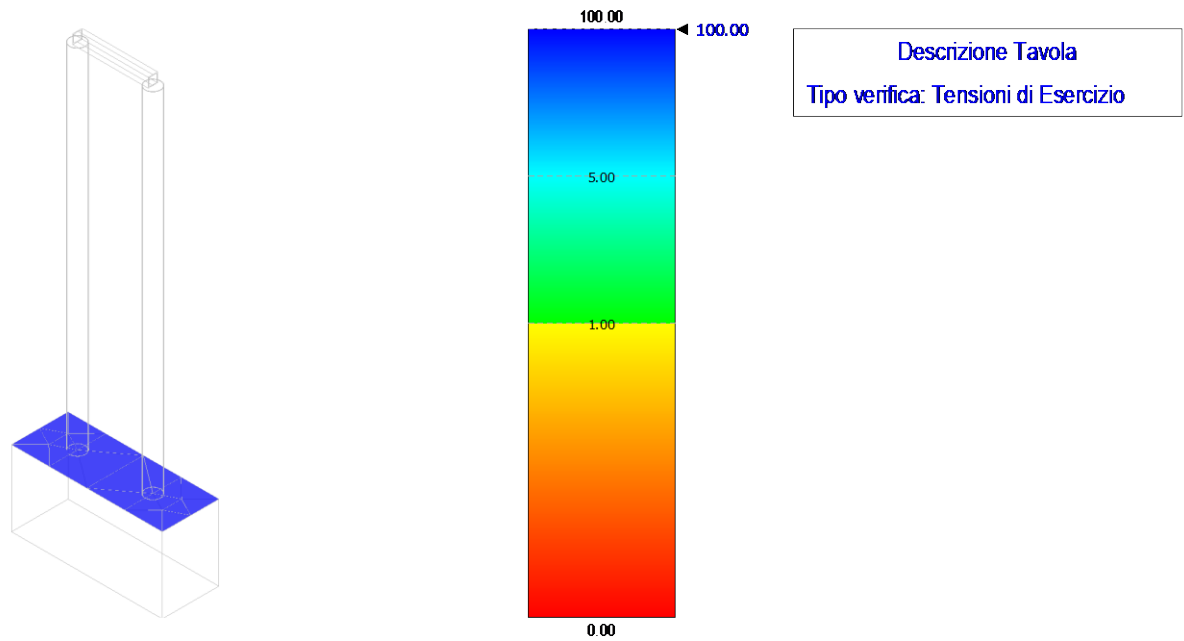


Figura 93 – tensioni di esercizio – fondazione arrivo cavi MT



### Coefficienti di Sicurezza

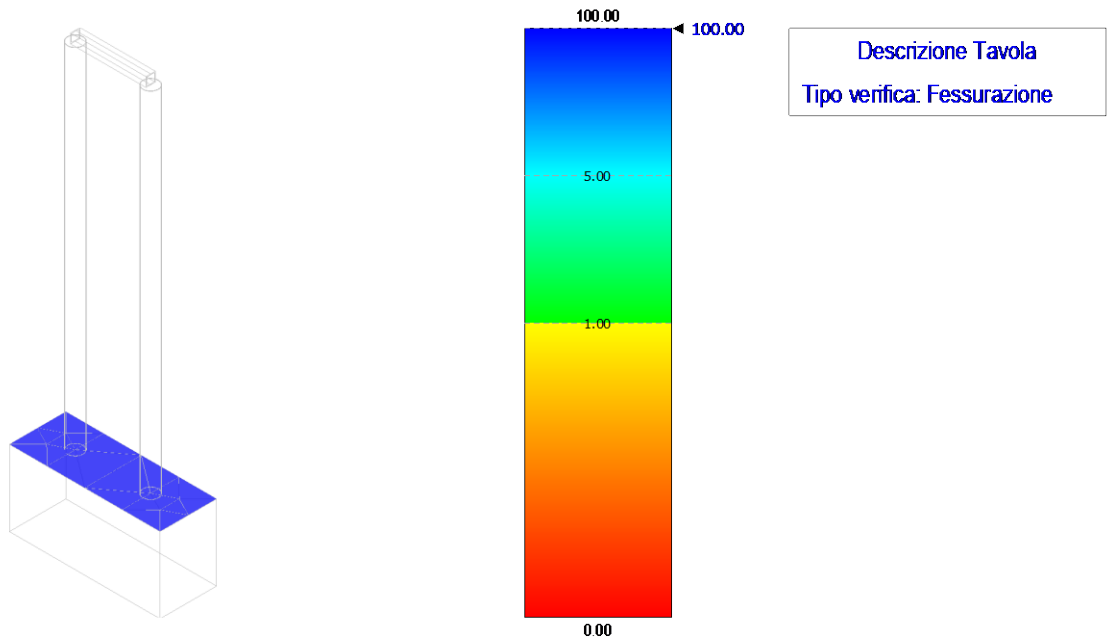


Figura 94 – verifica a fessurazione – fondazione arrivo cavi MT

### Coefficienti di Sicurezza

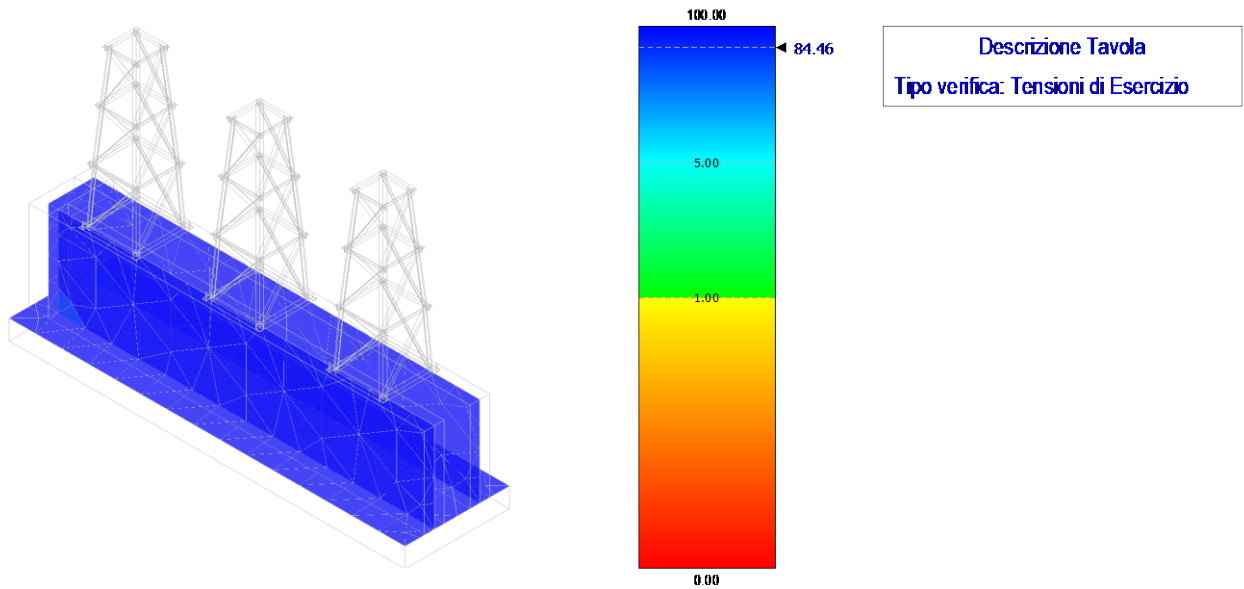


Figura 95 – tensioni di esercizio – fondazione arrivo cavi AT



### Coefficienti di Sicurezza

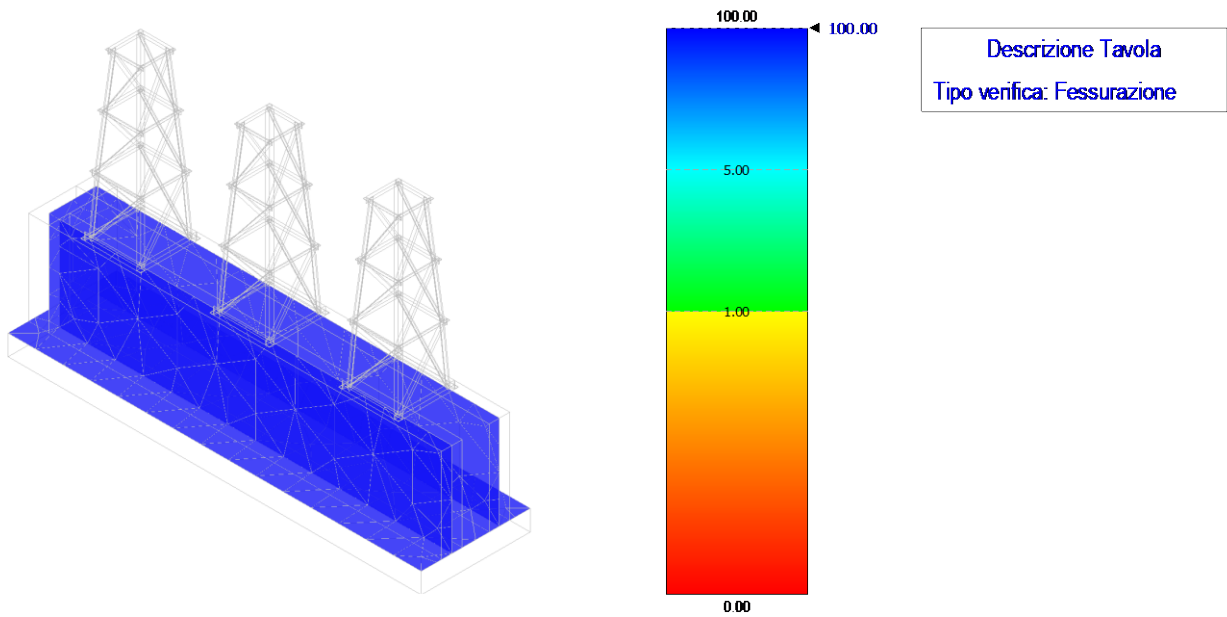


Figura 96 – verifica a fessurazione – fondazione arrivo cavi AT

### Coefficienti di Sicurezza

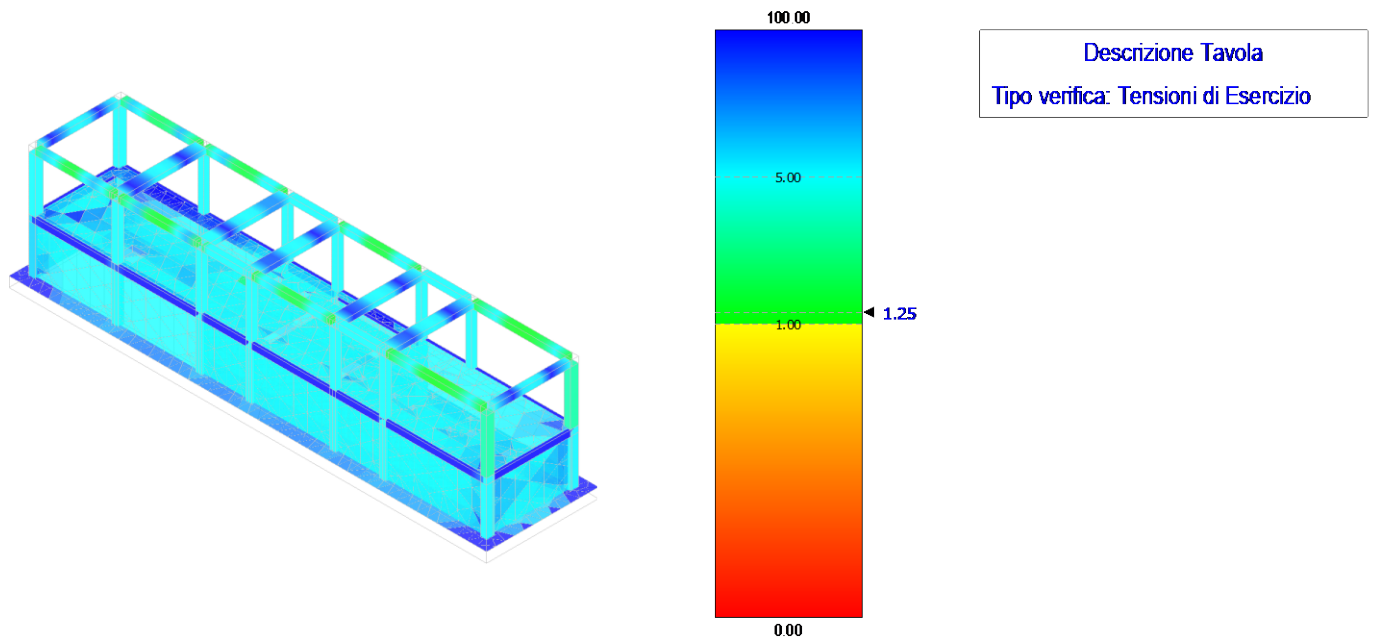


Figura 97 – tensioni di esercizio – edificio



### Coefficienti di Sicurezza

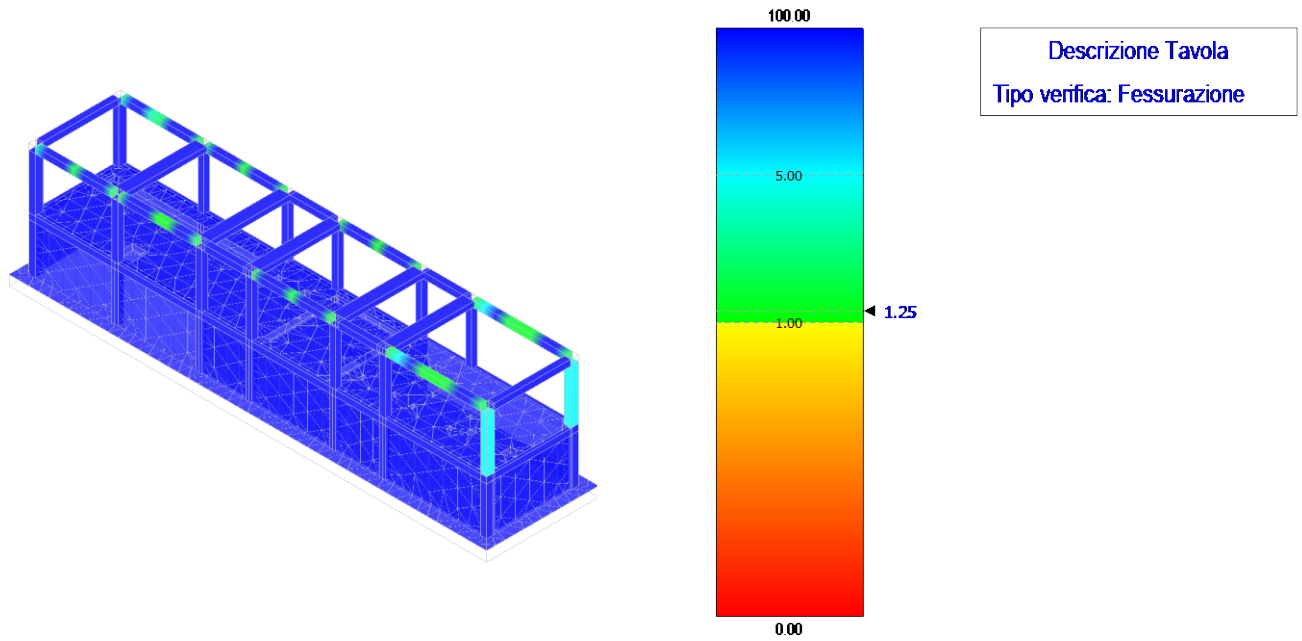


Figura 98 – verifica a fessurazione – edificio

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	68 di 75

## 11 CALCOLO DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Le verifiche geotecniche delle fondazioni, sono state sviluppate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 8 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni - Tabella 6.2.I del D.M. 2018**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 9 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - Tabella 6.2.II del D.M. 2018**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

**Tabella 10 - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali - Tabella 6.4.I del D.M. 2018**

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

### 11.1 Carico limite fondazioni superficiali

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	69 di 75

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione;

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \psi, r$  = coefficienti correttivi.

Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

$e_B$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

$e_L$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

## 12 VERIFICHE GEOTECNICHE

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito riportati i risultati sotto forma di grafici sintetici. Di seguito i risultati maggiormente significativi:

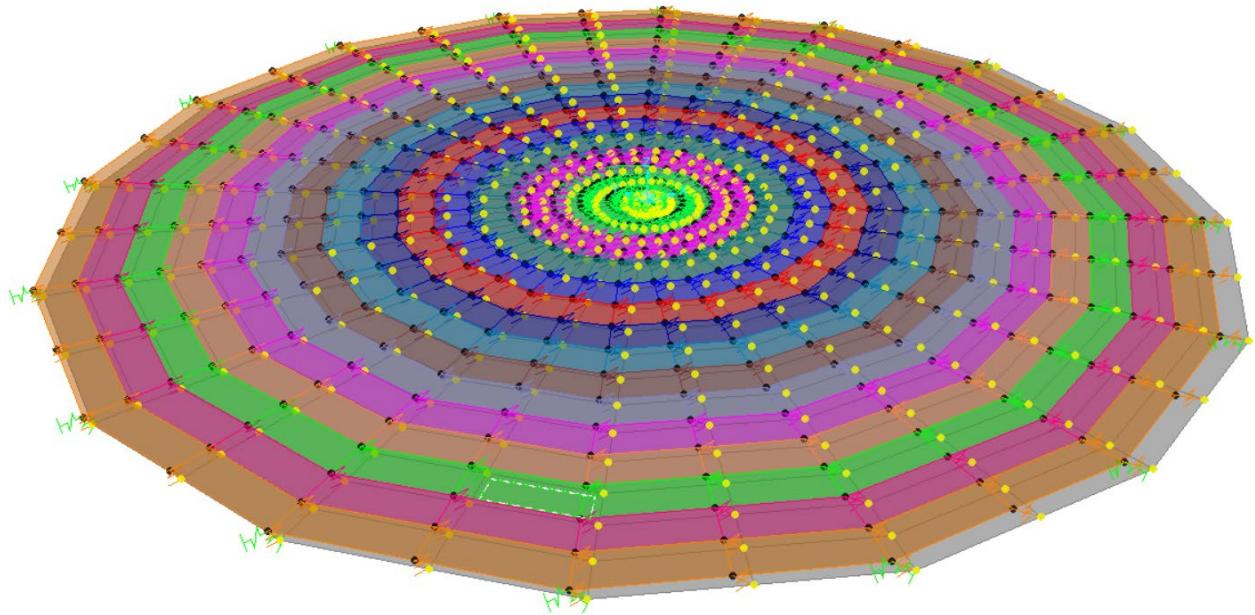


Figura 99 - deformazioni massime



## Geotecnica

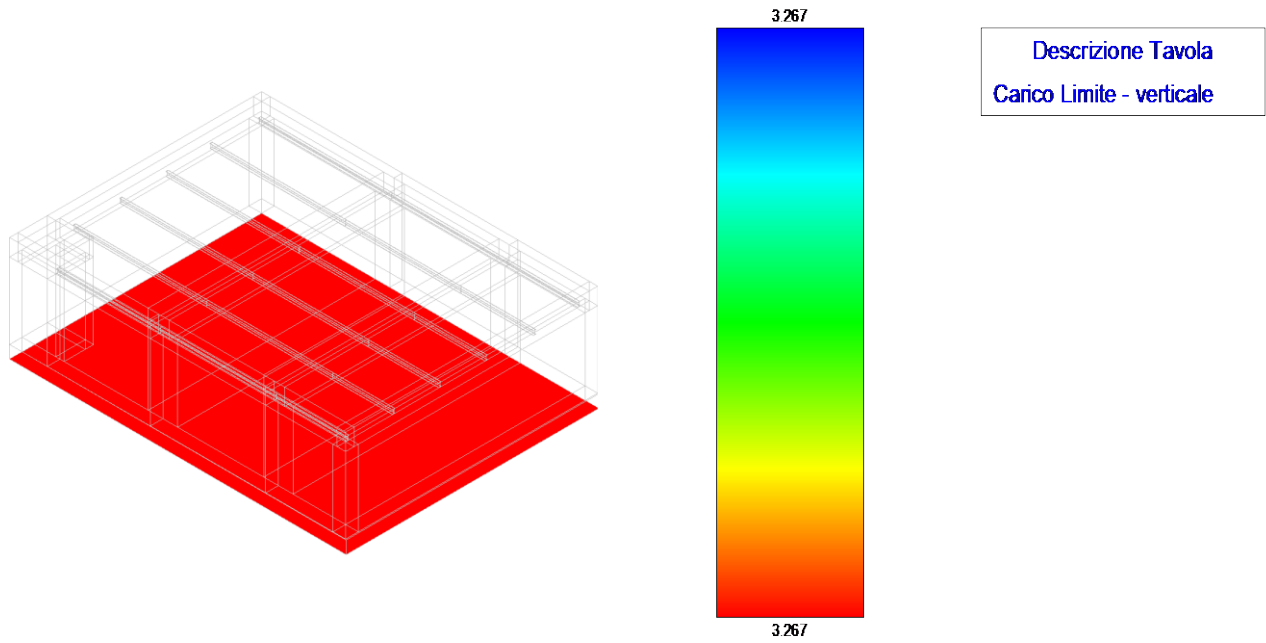


Figura 100 - carico limite – fondazione trasformatore

## Geotecnica

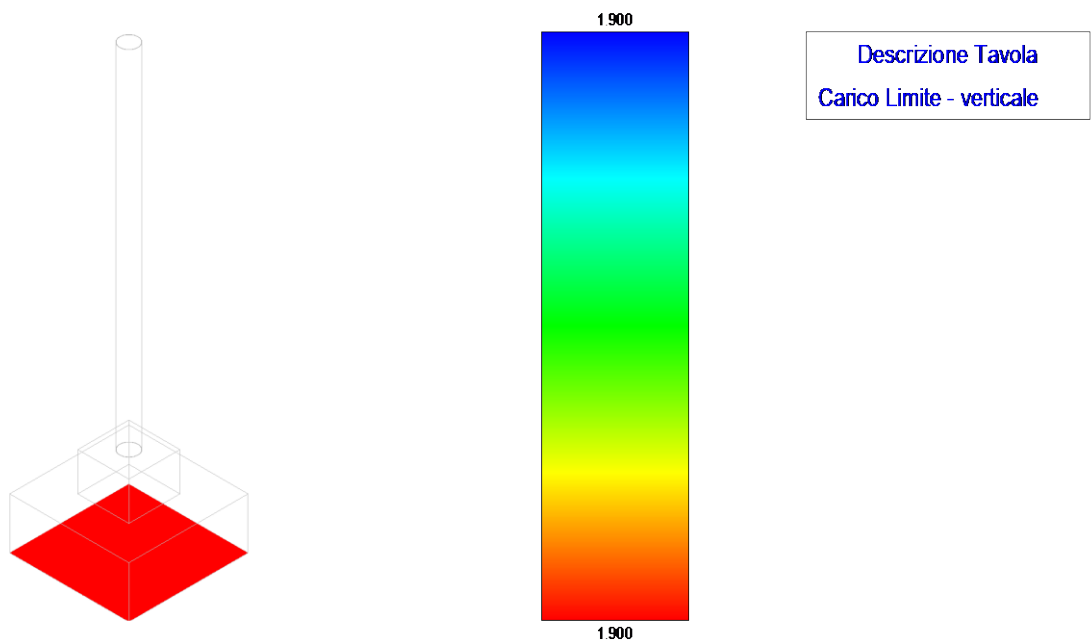


Figura 101 - carico limite – fondazione scaricatore



## Geotecnica

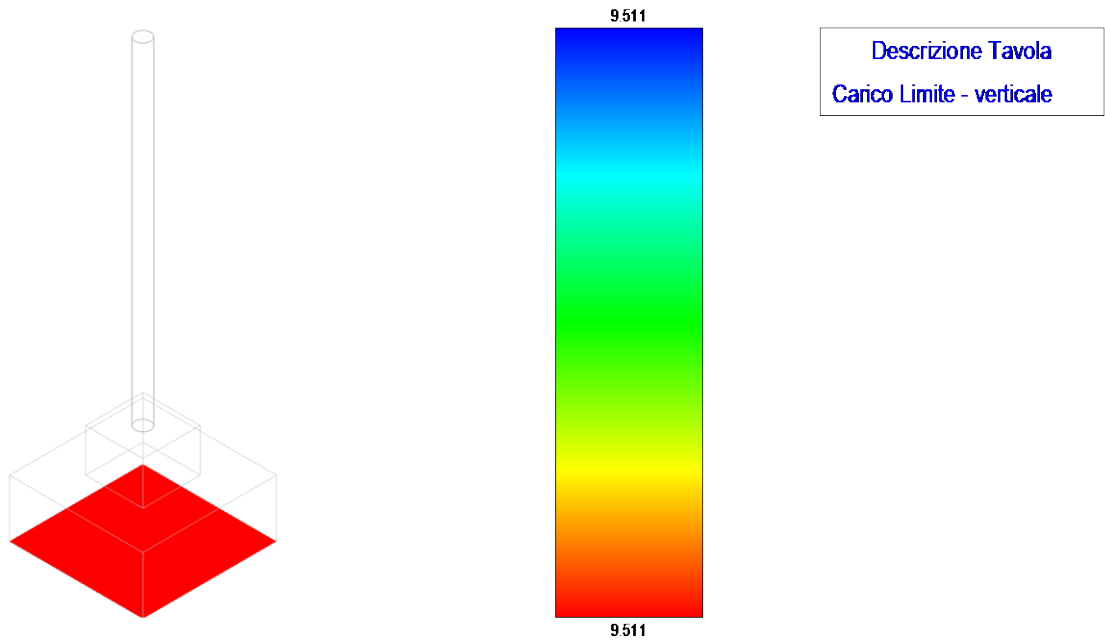


Figura 102 - carico limite – fondazione TV

## Geotecnica

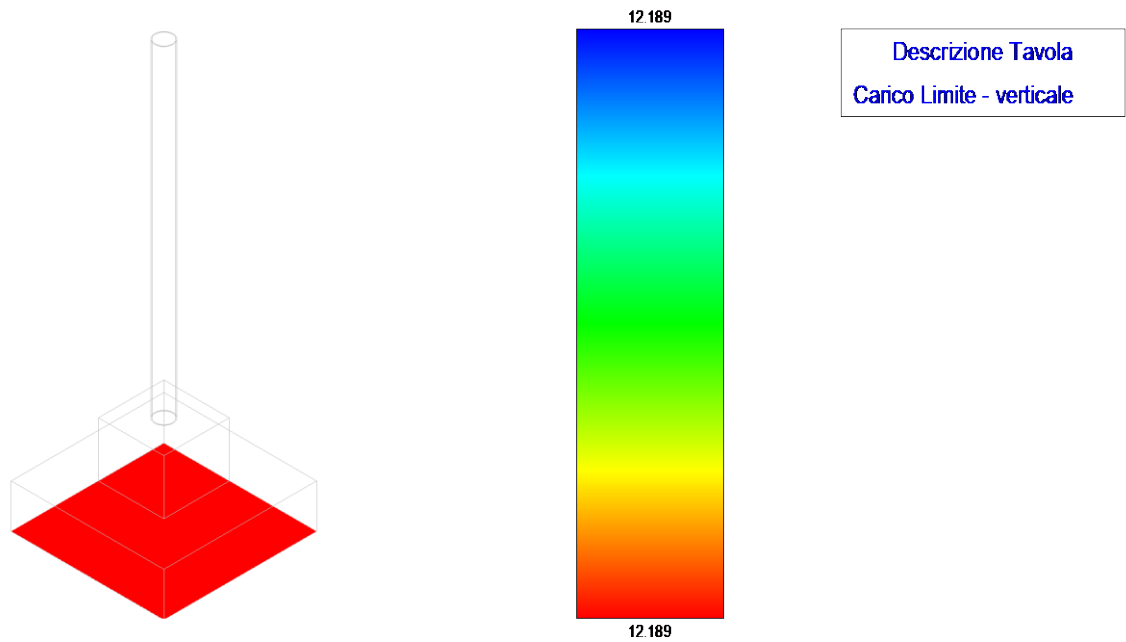


Figura 103 - carico limite – fondazione TA





### Geotecnica

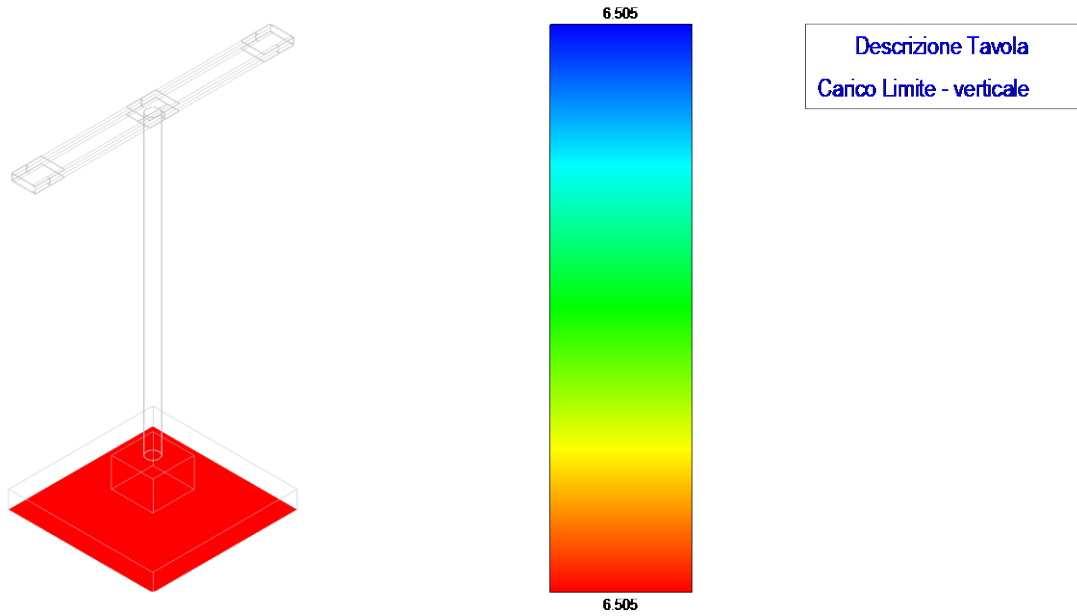


Figura 104 - carico limite – fondazione terminale cavo AT

### Geotecnica

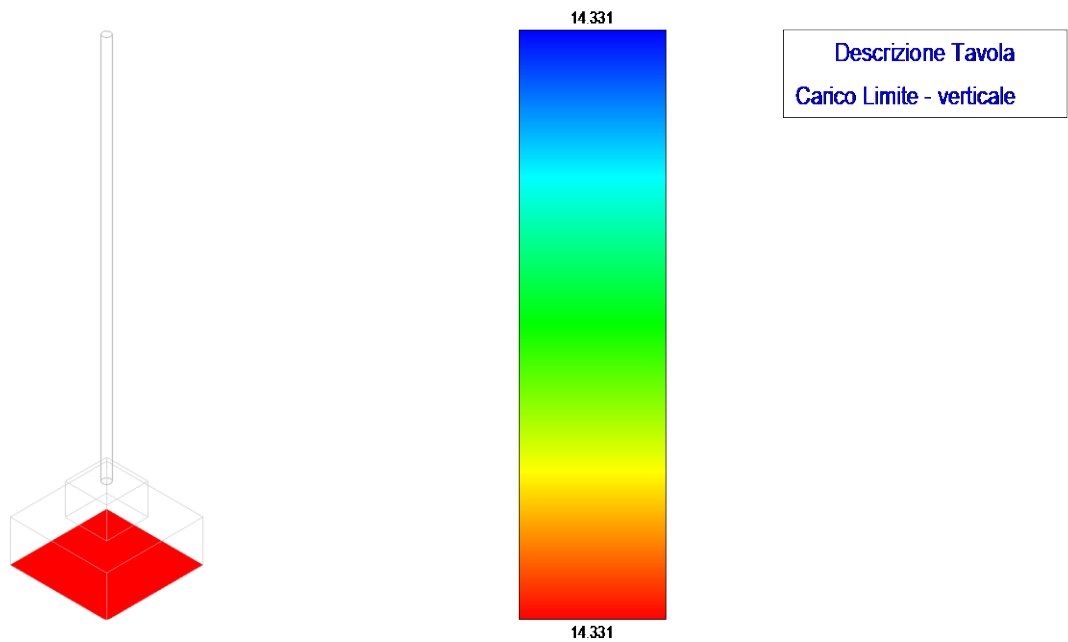
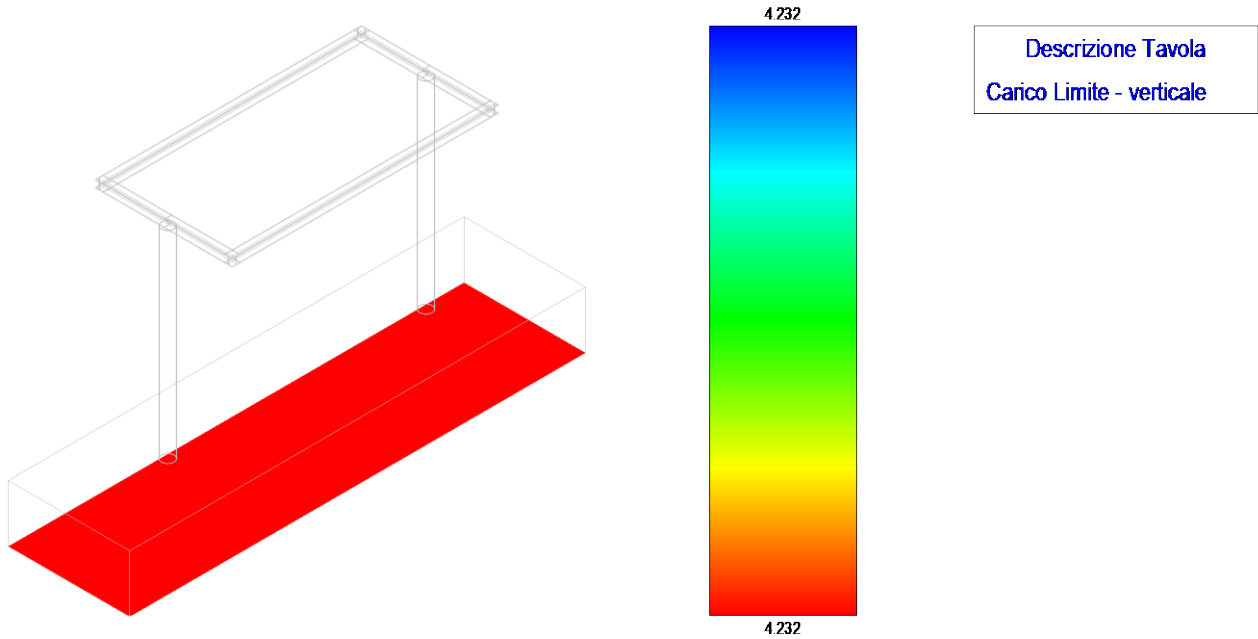


Figura 105 - carico limite – fondazione M.A.T. neutro

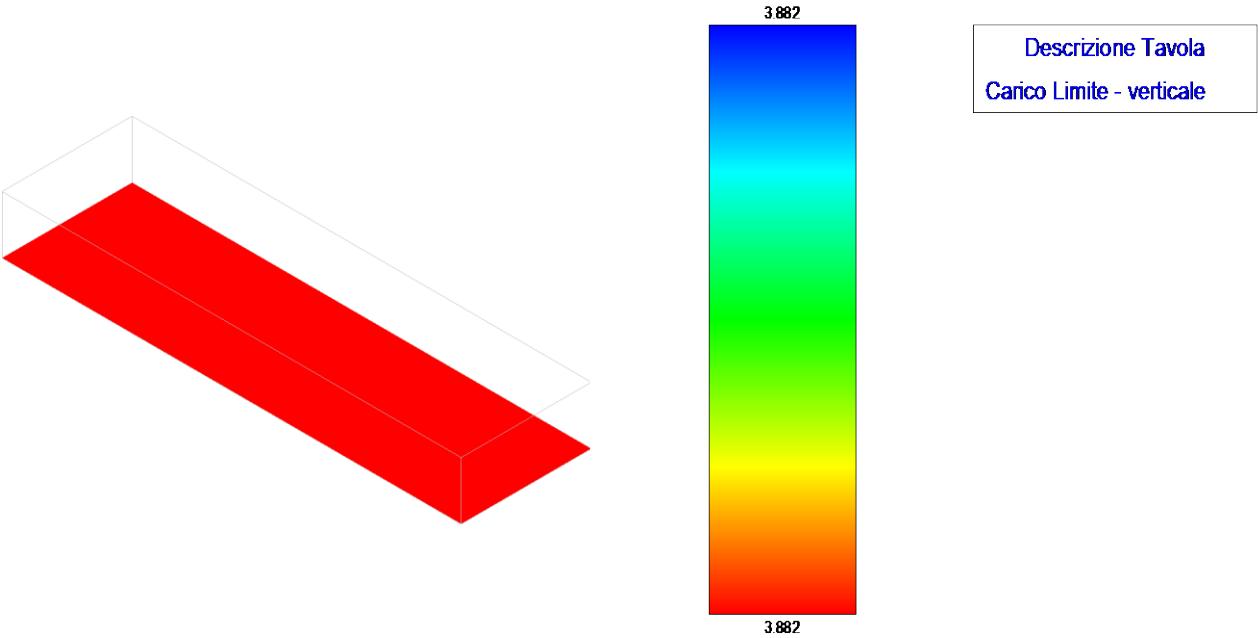
 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	73 di 75

**Geotecnica**



**Figura 106 - carico limite – fondazione sezionatore**

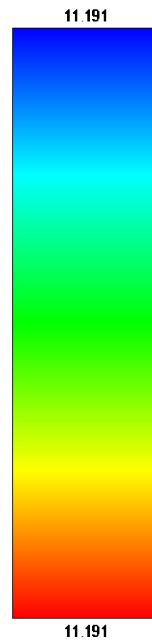
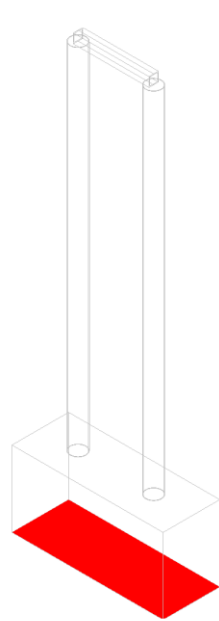
**Geotecnica**



**Figura 107 - carico limite – fondazione interruttore**



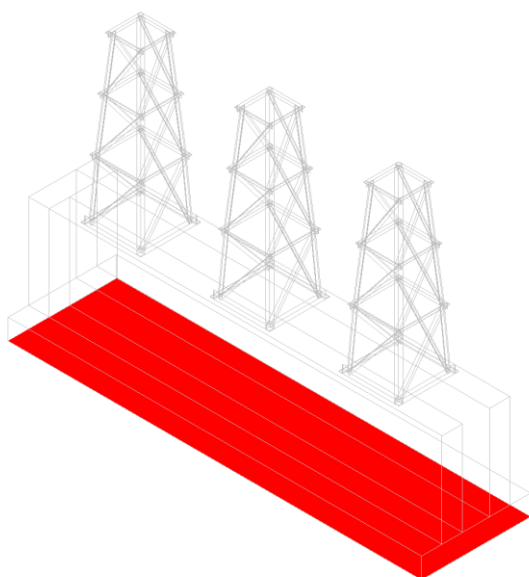
## Geotecnica



Descrizione Tavola  
Carico Limite - verticale

Figura 108 - carico limite – fondazione arrivo cavi MT

## Geotecnica



Descrizione Tavola  
Carico Limite - verticale

Figura 109 - carico limite – fondazione arrivo cavi AT

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE</b>	Codice	ES.SUN01.PD.10.1.R00
		Data creazione	26/07/2023
		Data ultima modif.	03/08/2023
		Revisione	01
		Pagina	75 di 75

## Geotecnica

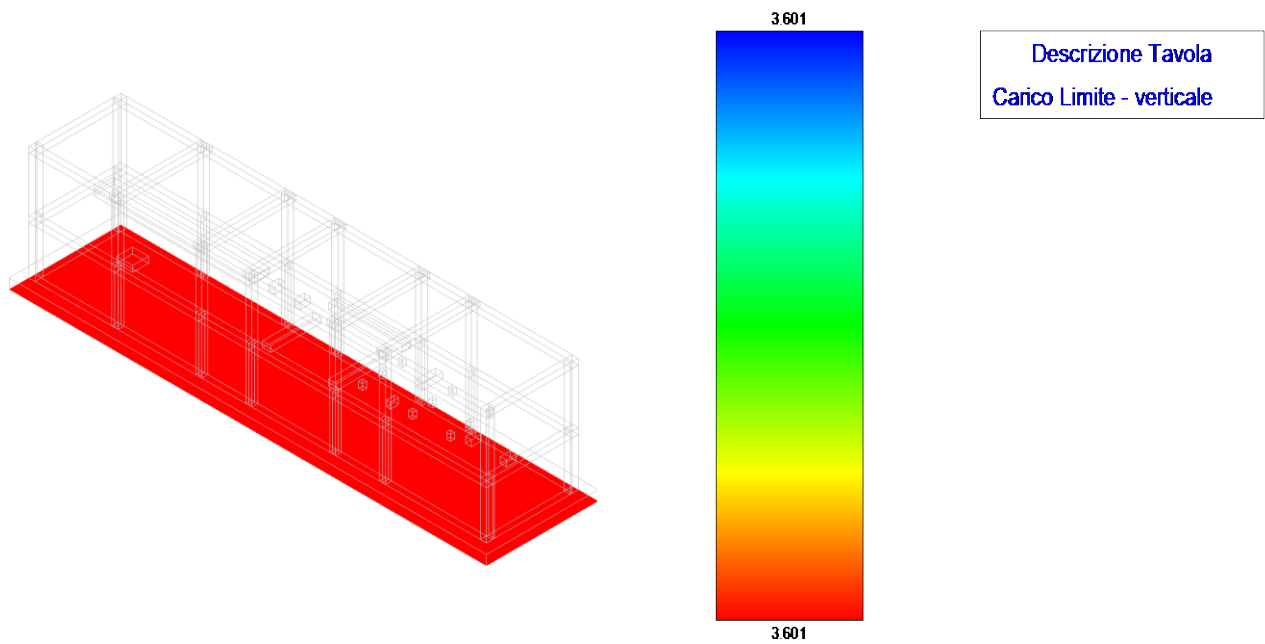


Figura 110 - carico limite – fondazione edificio

### 13 SINTESI DEI RISULTATI

Le opere sopra descritte sono conformi ai requisiti prestazionali richiesti dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. del 17/01/2018. **Ulteriori indicazioni e aspetti saranno analizzati nella fase esecutiva del progetto e comunque prima dell’inizio dei lavori in sede di acquisizione di autorizzazione in zona sismica ai sensi dell’articolo 94 del D.P.R.380/2001.**